

Timo Mäkinen

# Asuinkerrostalon vahvavirta-asennusten käyttöönottotarkastus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

28.1.2017

|   |   |
|---|---|
| <p>Tekijä<br/>Otsikko</p> <p>Sivumäärä<br/>Aika</p>   | <p>Timo Mäkinen<br/>Asuinkerrostalon vahvavirta-asennusten käyttöönottotarkastus</p> <p>64 sivua + 2 liitettä<br/>28.1.2017</p> |
| Tutkinto  | Insinööri (AMK)   |
| Koulutusohjelma   | Sähkötekniikan koulutusohjelma  |
| Suuntautumisvaihtoehto  | Sähkövoimatekniikka   |
| Ohjaajat  | Lehtori Tapio Kallasjoki<br>Toimitusjohtaja Juha Kosonen  |
| <p>Opinnäytetyön tarkoitus oli kehittää Kuusitunturi Lahti oy:n asuinkerrostalojen käyttöönottotarkastuksien käytäntöjä sekä yhtenäistää toimintatapoja. Työ rajattiin vahvavirta-asennusten käyttöönottotarkastuksiin.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin sähköasennuksia ohjaaviin lakeihin, asetuksiin ja määräyksiin. Lisäksi käsiteltiin standardin edellyttämät käyttöönottotarkastukset, joiden pohjalta kasattiin asuinkerrostalon sähköasennuksien käyttöönottotarkastuksia käsittelevä aineisto.</p> <p>Keskeisimpiä lähdeaineistoja olivat SFS-6000 pienjännitesähköasennukset, ST-käsikirja 33 rakennusten sähköasennusten tarkastukset sekä D1-käsikirja rakennusten sähköasennuksista.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin kattava aineisto, jolla asuinkerrostalon käyttöönottomittaukset saadaan suoritettua lait sekä määräykset täyttävästi, kuitenkin kustannustehokkaasti ja kohteen asennukset kattavasti.</p> |   |
| Avainsanat  | Käyttöönottotarkastus, mittaukset   |

|  |  |
|--|--|
| Author(s)<br>Title   | Timo Mäkinen<br>Apartment Building Commissioning Inspections of strong current installations |
| Number of Pages<br>Date  | 64 pages + 2 appendices<br>28 January 2017   |
| Degree   | Bachelor of Engineering  |
| Degree Programme   | Electrical engineering   |
| Specialisation option  | Electrical Power Engineering   |
| Instructors  | Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer<br>Juha Kosonen, Chief Executive Officer                   |
| <p>The objective of this thesis was to develop Kuusitunturi Lahti Oy's practices used in commissioning inspections of apartment buildings and to standardize the inspection procedures. The work was focused commissioning inspections of strong current installations.</p> <p>The thesis familiarizes with laws, regulations and directives of electrical installations. Furthermore, the thesis deals with commissioning installations required by standards, which were the basis for the created material concerning commissioning inspections of apartment buildings.</p> <p>The main sources of information were SFS-6000 Low voltage electrical installations, ST-guidebook 33 for electrical installation inspections of buildings and D1-guidebook for electrical installations of buildings.</p> <p>The result is an inclusive material, which covers the laws, regulations and directives required in commissioning inspections of apartment buildings. The material allows to keep the inspections cost-effective and to cover all the electrical inspections of the construction.</p> |  |
| Keywords   | Commissioning inspection, measurements   |

# Sisällys

## Lyhenteet

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto  | 1  |
| 2     | Sähköasennuksia koskevat säädökset  | 1  |
| 2.1   | Sähköturvallisuuslaki   | 2  |
| 2.2   | Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta           | 4  |
| 2.3   | Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä                              | 5  |
| 2.4   | Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä | 6  |
| 3     | Rakennuksen sähköverkko   | 10 |
| 3.1   | Jakelujärjestelmät  | 10 |
| 3.2   | Rakenne ja mitoitus   | 14 |
| 4     | Käyttöönottotarkastus   | 20 |
| 5     | Asuinkerrostalon käyttöönottotarkastus  | 23 |
| 5.1   | Mittalaitteet   | 23 |
| 5.1.1 | Asennustesteri  | 24 |
| 5.1.2 | Jännittesterit  | 30 |
| 5.1.3 | Pihtiampeerimittari   | 31 |
| 5.2   | Käyttöönottotarkastussuunnitelma  | 32 |
| 5.3   | Aistinvaraiset tarkastukset   | 33 |
| 5.4   | Testaus   | 38 |
| 5.4.1 | Eristysresistanssimittaus   | 39 |
| 5.4.2 | Lattia- ja seinäpintojen eristysresistanssi   | 49 |
| 5.4.3 | Suojajohtimen jatkuvuusmittaus  | 49 |
| 5.4.4 | Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta   | 56 |
| 5.4.5 | Vikavirtasuojan toiminnan testaus   | 60 |
| 5.4.6 | Napaisuus   | 60 |
| 5.4.7 | Kiertosuunnan tarkistus   | 60 |
| 5.4.8 | Toimintatellit  | 61 |
| 5.4.9 | Jännitteenalenema   | 61 |
| 5.5   | Käyttöönottotarkastuspöytäkirja   | 63 |
| 6     | Yhteenveto  | 64 |

Liitteet

Liite 1.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta  
17.12.1999/1193, Olennaisimmat turvallisuusvaatimukset

Liite 2.

Tarkastusraportti.

## Lyhenteet

L1, L2, L3      Vaihejohtimet, virtaa johtava osa, joka on tarkoitettu johtamaan tietty sähkövirta.

Aistinvarainen tarkastus

Sähköasennuksen tutkiminen käyttäen kaikkia aisteja, joiden avulla todetaan, että asennus on tehty vaatimusten mukaisesti.

IT-järjestelmä      Jakelujärjestelmä, jossa ei ole suoraan maadoitettu jännitteistä osaa.

N      Nollajohdin, järjestelmän nollapisteeseen sähköisesti yhdistetty johdin.

PE      Suojajohdin, jota käytetään suojauksen takia.

PEN      Yhteinen nolla- ja suojajohdin TN-C-järjestelmissä.

PELV-Järjestelmä

Pienoisjännitejärjestelmä, jonka jännitteelle alttiit osat voi olla maadoitettu.

Raportointi (Tarkastuspöytäkirja)

Tarkastusten ja testausten tulosten kirjaaminen.

SELV-järjestelmä

Maasta erotettu pienoisjännitejärjestelmä.

SFS      Suomen standardisoimisliitto

|                  |  |
|------------------|--|
| Sähkölaitte      | Sähkön tuottamiseen, siirtoon, jakeluun tai käyttöön tarkoitettu koje, kone, laite tai tarvike, jolta tai jonka osalta edellytetään tiettyjä sähkötekniisiä ominaisuuksia. |
| Sähkölaitteisto  | Sähkölaitteista ja mahdollisesti muista laitteista, tarvikkeista ja rakenteista koostuva kokonaisuus.  |
| Tarkastus        | Kaikki menettelyt, jolla arvioidaan tarkastuskohteen standardisarjan SFS 6000 vaatimusten mukaisuutta.   |
| Testaus          | Sähköasennuksessa tehtävät mittaukset, joiden avulla sähköasennuksen turvallisuus osoitetaan.  |
| TN-C-järjestelmä | Jakelujärjestelmä, jossa nolla- ja suojamaadoitusjohdintoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen koko järjestelmässä.   |
| TN-S-järjestelmä | Jakelujärjestelmä, jossa on erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä.  |
| TT-järjestelmä   | Jakelujärjestelmä, jossa yksi piste on maadoitettu ja sähkölaitteistojen jännitteelle alttiit osat on maadoitettu erikseen maadoituselektrodin avulla.                     |

## 1 Johdanto

Insinöörityö on tarkoitus tehdä Kuusitunturi Lahti Oy:lle, joka on merkittävä sähköurakointiyritys Päijät-Hämeessä.

Insinöörityön tavoitteena on perehtyä asuinkerrostalon sähköasennuksille tehtäviin käyttöönottotarkastuksiin. Lisäksi työssä on tarkoitus laatia asuinkerrostalojen käyttöönottotarkastuksia varten aineisto, jolla voidaan yhtenäistää käyttöönottotarkastusten toimintatapoja, kuitenkin tinkimättä sähköturvallisuudesta. Työ rajattiin vahvavirta-asennuksia koskeviin käyttöönottotarkastuksiin.

Insinöörityö aloitetaan käsittelemällä sähköasennuksia ohjaavat lait ja säädökset. Joiden jälkeen perehdytään rakennusten sähköverkkoon ja sen rakenteeseen. Tämän jälkeen perehdytään käyttöönottotarkastuksessa käytettäviin mittalaitteisiin. Ja edelleen käyttöönottotarkastuksien tekemiseen, sekä sitä koskevaan työjärjestykseen.

## 2 Sähköasennuksia koskevat säädökset

Sähköasennuksia ohjataan laeilla, asetuksilla ja päätöksillä. Niillä määritetään, ketkä niitä saa tehdä, miten työt on tehtävä sekä miten niiden turvallisuus on varmistettava. Taulukossa 1 on esitetty sähköasennuksia ohjaavat keskeisimmät lait, asetukset ja päätökset.

Taulukko 1. Sähköasennuksia ohjaavat keskeiset lait, asetukset ja päätökset

|  |
|--|
| Säköturvallisuuslaki 410/1996  |
| Säköturvallisuusasetus 498/1996  |
| Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös Sähköalan töistä 516/1996                              |
| Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös Sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 517/1996 |
| Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös Sähkölaitteistojen turvallisuudesta 1193/1996          |
| Pienjänniteasennukset SFS 6000   |



## 2.1 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslaissa on säädetty sähkölaitteiden ja -laitteistojen käytön pitämisestä turvallisena sekä sähkölaitteista ja -laitteistoista aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden ehkäisemiseksi ja sähkövirran tai magneettikentän aiheuttamista ongelmista kärsivien edun turvaamiseksi. Laissa säädetään myös vaatimukset sähkölaitteille ja -laitteistoille sekä sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimuksenmukaisuuden osittamisesta ja niiden valvomisesta lisäksi sähkötöiden tekemisestä ja niiden valvomisesta myös sähkölaitteiden ja -laitteistojen haltijan vahingonkorvausvelvoitteesta. [1, 1 luku, 1 (§)]

Lakia sovelletaan sähköön tuottamiseen, siirtämiseen, jakeluun tai käyttämiseen tarkoitetuissa laitteissa tai laitteistoissa. Joiden sähköiset tai sähkömagneettiset ominaisuudet voivat aiheuttaa vaaran tai häiriön. [1, 1 luku, 2 (§)]

Sähköturvallisuuden tason ylläpitämiseksi laissa on säädetty sähkölaitteiden ja -laitteistojen suunnittelusta, rakentamisesta, valmistamisesta sekä niiden korjaamisesta. Lisäksi niiden käytäntämisestä ja huoltamisesta ei saa aiheutua varaa kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle. Sähköisesti sekä sähkömagneettisesti aiheutuvista häiriöistä ei saa muodostua kohtuutonta häiriötä. Niiden toiminta ei myöskään saa häiriintyä helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. [1, 2 luku, 5 (§)]

Sähköalan töiden tekemiselle laissa asetetaan edellytykset, joiden on täyttyävä, jotta sähkötöitä voidaan tehdä. Sähköalan töihin lukeutuvat sähkölaitteiden korjaus- ja huoltotyöt sekä sähkölaitteistojen rakennus-, korjaus-, huolto-, ja käyttötyöt. [1, 3 luku, 8 (§)]

"Sähköalan töiden tekemisen edellytykset:

Sähkötöitä johtamaan on nimettävä luonnollinen henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus töiden johtamiseen.

Itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla luonnollisella henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito.

Käytössä on töiden tekemiseen kannalta tarpeelliset tilat ja työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säädökset ja määräykset." [1, 3 luku, 8 (§)]

Sähkölaitteiden turvallisuuden varmentamisesta laissa säädetään: Suomessa kaupattujen ja toiselle luovutettujen sähkölaitteiden on täytettävä sähköturvallisuuslain vaatimukset, mikä tarkoittaa, ettei sähkölaitteistoista saa aiheutua vaaraa tai häiriötä. Lisäksi vaatimusten täytyminen on voitava osoittaa. [1, 4 luku, 13 (§)]

#### Sähkölaitteiston käyttöönotto ja käyttö

Sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä laissa säädetään, että sähkölaitteisto katsotaan käyttöönotetuksi, kun sähkölaitteistoon on kytketty jännite, kuitenkin laitteiston koekäyttöä tai käyttöönottomittausta varten kytkettyä jännitettä ei katsota laitteiston käyttöönotoksi. Sähkölaitteisto todetaan käyttöönotetuksi, kun tila johon sähkölaitteisto on rakennettu valmistuu, ja toiminta aloitetaan. [1, 5 luku, 16 (§)]

Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastus, jolla tarkastetaan, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslaissa mainittua vaaraa tai häiriötä. Vasta tämän jälkeen laitteisto saadaan ottaa käyttöön. Lisäksi ministeriö voi määrätä sähkölaitteistolle tehtäväksi varmennustarkastuksen, jolla varmistetaan sähkölaitteiston sähköturvallisuus. Varmennustarkastus tulee suorittaa ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa, joissain ministeriön määäämissä tapauksissa tämän ajankohdan jälkeen. [1, 5 luku, 17 (§)]

Sähkölaitteistolle tehtävästä käyttöönottotarkastuksesta, varmennustarkastuksesta ja ilmoittamisesta sähköturvallisuusviranomaisille sekä jakeluverkonhaltijalle huolehtii sähkölaitteiston rakentaja. Jos kuitenkin sähkölaitteiston rakentaja laiminlyö tehtävänsä, siirtyy vastuu tarkastuksien sekä ilmoituksien tekemisestä sähkölaitteiston haltijalle. [1, 5 luku, 19 (§)]

Sähköturvallisuusviranomainen vastaa sähkölaitteiden ja -laitteistojen valvonnasta lain, säännösten ja määräysten noudattamisesta ministeriön alaisuudessa ja valvonnassa, ellei toisin ole säädetty. [1, 6 luku, 25 (§)]

Sähkölaitteiden korjauksessa ja huollossa sekä sähkölaitteistojen rakentamisessa ja käyttämisessä on noudatettava lakia, säännöksiä sekä määräyksiä. Jos näin ei toimita voi sähköturvallisuusviranomainen kieltää toiminnan tai rajoittaa sitä. [1, 6 luku, 26 (§)]

Sähkölaitteiden ja -laitteistojen aiheuttamista vahingoista sekä haitoista laissa säädetään, että sähkölaitteen tai -laitteiston haltija on vastuussa sen aiheuttamista vahingoista ja haitoista tuottamuksesta riippumatta sekä on myös korvausvelvollinen, jollei muuta laissa ole säädetty. [1, 7 luku, 38 (§)]

## 2.2 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta

Päätöksessä sähkölaitteistojen turvallisuudesta käsitellään sähköturvallisuuslaissa tarkoitettuja sähkölaitteistoja sekä niiden rakenteellista ja toiminnallista turvallisuutta. [3, 1 (§)]

Sähkölaitteistoja suunniteltaessa, rakenneltaessa ja korjattaessa on noudatettava hyviä turvallisuusteknisiä käytäntöjä ja niissä tulee huomioida sähköturvallisuuslaissa mainitut vaatimukset turvallisuuden tasosta. Sähkölaitteistojen on lisäksi täytettävä liitteessä 1 luetellut olennaisimmat sähköturvallisuusvaatimukset ja kansalliset vaatimukset. [3, 2 (§)]

Jos sähkölaitteistot suunnitellaan, rakennetaan ja korjataan standardien ja julkaisujen mukaisesti ja niiden vastaavuus on varmistettu sähköturvallisuuslain mukaan, voidaan turvallisuusvaatimukset katsoa täytetyksi. Lisäksi on mahdollista poiketa standardeista sähköturvallisuuslaissa mainituin menettelyin. [3, 3 (§)]

Sovellettavilla standardeilla tarkoitetaan teknisiä eritelmiä, jotka viralliset standardointielimet ovat vahvistaneet ja jotka lisäksi ovat julkisesti saatavilla. Sähköturvallisuusviranomaisen pitää yllä luetteloa standardeista pohjautuen sähköturvallisuuden neuvottelukunnan tekemiin lausuntoihin. Lisäksi sähköturvallisuusviranomaisen pitää luetteloa saatavilla ja päivittää sitä. [3, 4 (§)]

Jos standardeista halutaan poiketa, tulee niistä laatia kirjallinen selvitys, jossa selvitetään olennaisten turvallisuusvaatimusten (liite 1) täyttyminen. Selvitys on laadittava ennen kuin sähkölaitteiston rakentaminen tai korjaaminen aloitetaan. Selvitys on esitettävä siinä laajuudessa kuin standardeista poiketaan, ja siinä tulee esittää seuraavat asiat: Millaisilla ratkaisuilla täytetään olennaisimmat turvallisuusvaatimukset sekä kuvaus niistä. Lisäksi tarvitaan tilaajan suostumus standardeista ja julkaisuista poikkeamiseen sekä selvityksen laatijan yksilöinti ja allekirjoitus. Lisäksi selvitykseen voi-

daan liittää sähköturvallisuuslaissa mainitun sähkö tarkastuslaitoksen tai tarkastajan lausunto olennaisten turvallisuusvaatimusten täytymisestä. Selvitys tulee liittää käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan. [3, 5 (§)]

Käyttöolosuhteiden muuttuessa tulee haltijan huolehtia, että sähkölaitteistolle tehdään tarvittavat muutokset, jotta sähkölaitteistojen turvallisuus voidaan varmistaa muuttuneissa olosuhteissa, [3, 6 (§)].

Sähkölaitteistoja voidaan kytkeä yhteen vain, jos niistä ei aiheudu vaaraa. Lisäksi sähkölaitteistojen haltijoiden on annettava toisilleen riittävät tekniset tiedot sähkölaitteistojen yhteen kytkemiseksi. [3, 7 (§)]

### 2.3 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä

Sähkötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteen tai -laitteiston huolto-, korjaus- tai rakennustyötä. Luotettavasti ja asianmukaisesti jännitteettömäksi tehdyn sähkölaitteen tai -laitteiston purkutyö ei ole sähkötyötä. Laitteiston käyttötoimenpiteet ja niihin verrattavat korjaus- ja huoltotyöt sekä tarkastukset katsotaan käyttötyöksi. [4, 1 luku, 1 (§)]

Jos harjoitetaan sellaista toimintaa, josta täytyy tehdä ilmoitus sähköturvallisuusviranomaisille, on toiminnan harjoittajan nimettävä sähkötöiden johtaja. Jos sähkölaitteistoon kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteisiä osia, pois lukien enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1000 voltin laitteita, tai jos kiinteistön tai kiinteistöryhmien liittymistehon summa ylittää 1600 kilovoltiampeeria, on sähkölaitteiston haltijan nimettävä käytön johtaja. [4, 2 luku, 2 (§)]

Sähkötöiden johtajille sekä käytön johtajille on taattava riittävät mahdollisuudet johtaa ja valvoa sähkötöitä, [4, 2 luku, 4 (§)].

Sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että sähkötyöt toteutetaan sähköturvallisuuslain ja sen mukaan säädetyjä säädöksiä noudattaen. Sähkölaitteita ja -laitteistoja käyttöönotettaessa tai toisille luovutettaessa on niiden täytettävä sähköturvallisuuslain ja sen mukaan säädetyt säädökset. Lisäksi on varmistettava sähkötöitä tekevien henkilöiden ammattitaito sekä riittävä opastus tehtäviin. Käytön johtajan on huolehdittava siitä, että sähkölaiteiden ja -laitteistojen käyttäminen ja huoltaminen suoritetaan sähkö-

turvallisuuslain ja sen mukaan säädettyjä säädöksiä noudattaen. Lisäksi on varmistettava käyttötöitä tekevien henkilöiden ammattitaito sekä riittävä perehdytys tehtäviin. [4, 2 luku, 5 (§)]

Ennen sähkötöitä koskevan toiminnan aloittamista on toiminnanharjoittajan tehtävä ilmoitus sähköturvallisuusviranomaisille. Ilmoituksen on oltava sähköturvallisuuslain 12 §:n mukainen, ja siitä on ilmentävä toiminnanharjoittajaa ja sähkötöiden johtajaa koskevat tiedot ja sähköturvallisuuslain 8 ja 9 §:n asetettujen vaatimusten täyttyminen. Lisäksi ilmoitukseen on liitettävä sähkötöiden johtajan suostumus. [4, 4 luku, 26 (§)]

Päätöksen luvussa 4 a käsitellään sähkötyöturvallisuutta. Sitä sovelletaan sähköala töihin, joista voi aiheutua sähköiskun tai valokaaren vaara. Sähköalan töissä, joiden tekeminen kohdistuu sähkölaitteistoon tai jotka suoritetaan sen välittömässä läheisyydessä, on varmistettava sähkölaitteiston rakenne ja siihen sisältyvät riskitekijät ja on ryhdyttävä sähkötyöturvallisuuden ylläpitämisen takaaviin toimenpiteisiin. Sähköalan töissä noudatetaan vakiintuneita ja luotettavia työmenetelmiä. Jos kuitenkin käytetään poikkeavia työmenetelmiä, on niiden sähkötyöturvallisuusriskit arvioitava ja otettava huomioon. [4, 4 A luku, 29 (§)]

Jokaisessa työkohteessa on oltava nimettynä 11 §:ssä tarkoitettu henkilö, jonka tehtävä on valvoa työaikaista sähkötyöturvallisuutta. Työaikainen sähköturvallisuuden valvoja saa osallistua työhön tai tehdä sen kokonaisuudessaan. [4, 4 A luku, 29 (§)]

#### 2.4 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä käsittelee sähkölaitteistolle tehtäviä tarkastuksia, huoltoa sekä kunnossapitoa. [5, 1 luku, 1 (§)]

Sähkölaitteistoluokitukset on tässä päätöksessä jaettu kolmeen luokkaan: 1–3. Seuraavassa luettelossa on eritelty, mitä eri sähkölaitteistoluokitukset tarkoittavat.

1) luokan 1 sähkölaitteisto tarkoittaa:

a) sähkölaitteistoa asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa;

b) muuta kuin asuinrakennuksen sähkölaitteistoa, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;

d) sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi vaatii ilmoitusta;

2) luokan 2 sähkölaitteisto tarkoittaa:

b) lääkintätilojen sähkölaitteistoa sellaisessa sairaalassa, terveyskeskuksessa tai yksityisellä lääkäriasemalla, jossa ei tehdä yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä;

c) sähkölaitteistoa, johon kuuluu yli 1000 voltin nimellijännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1000 voltin nimellijännitteellä syötettyjä yli 1000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;

d) sähkölaitteistoa, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1600 kilovoltiampeeria;

3) luokan 3 sähkölaitteisto tarkoittaa:

a) sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa;

b) lääkintätilojen sähkölaitteistoa sellaisessa sairaalassa tai terveyskeskuksessa taikka sellaisella yksityisellä lääkäriasemalla, jossa tehdään yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä;

c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muuta vastaavaa sähköverkkoa. [5, 1 luku, 2 (§)]

## Käyttöönottotarkastus

Sähkölaitteistolle tehtävän käyttöönottotarkastuksen tarkoitus on varmistaa riittävän laaja-alaisesti, ettei sähkölaitteistolla aiheuteta sähköturvallisuuslain tarkoittamaa vaaraa tai häiriötä [5, 2 luku, 3 (§)]

Sähkölaitteiston haltijan käyttöön on annettava käyttöönottotarkastuksesta tehtävä tarkastuspöytäkirja. Pöytäkirjasta on selvittävä kohteen yksilöintitiedot, tiedot sähkölaitteiston määräysten ja säädösten mukaisuudesta ja yleiskuvaus tarkastuksessa käytetyistä menetelmistä. Lisäksi tarkastuspöytäkirjassa on oltava tarkastusten ja testauksi-

en tulokset ja tarkastajan allekirjoitus. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei edellytetä seuraavan luettelman mukaisista kohteista, mutta tarvittaessa testaustulokset on luovutettava laitteiston haltijalle [5, 2 luku, 4 (§)]:

- 1) sellaisista sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä,
- 2) nimellisjännitteeltä enintään 50 voltin vaihtojännitteisten tai 120 voltin tasajännitteisten sähkölaitteistojen asennuksista,
- 3) yksittäisten komponenttien vaihdosta tai lisäyksistä taikka näihin verrattavista toimenpiteistä,
- 4) yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvistä muutostöistä enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä,
- 5) nimellisjännitteeltä enintään 1000 voltin kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta,
- 6) sellaisen tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista. [5, 2 luku, 4 §]

#### Varmennustarkastus

Luokkien 1–3 sähkölaitteistojen sähköturvallisuus on varmistettava tekemällä käyttöönottotarkastuksen lisäksi varmennustarkastus. Varmennustarkastus on tehtävä myös sähkölaitteistojen muutostöiden yhteydessä. Tästä poikkeuksena on luokkien 1–2 sekä luokan 3 kohdissa b ja c laitteistoihin kohdistuvissa muutostöissä, pois lukien leikkausaleissa olevat sähkölaitteistot, varmennustarkastusta ei edellytetä tietyin edellytyksin [5, 2 luku, 5 §]:

- 1) muutostyön kohteena on nimellisjännitteeltään alle 1000 voltin laitteisto ja työalueen ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluvirta on enintään 35 ampeeria, jos käyttö- ja huoltotöiden johtajaa ei vaadita, ja muutoin 250 ampeeria tai
- 2) muutostyö kohdistuu kytkinlaitokseen eikä kytkinlaitoksen nimellisarvoja muuteta. [5, 2 luku, 5 §]

Varmennustarkastus toteutetaan tekemällä pistokokeita tai hyödyntämällä muita soveltuvia menetelmiä. Tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteistojen riittävä sähköturvallisuuden taso sekä käyttöönottotarkastuksen asianmukaisuus. [5, 2 luku, 6 (§)]

Varmennustarkastus tulee suorittaa ennen kuin sähkölaitteisto otetaan käyttöön, tästä poiketen voidaan luokan 1–2 sähkölaitteistoille suorittaa varmennustarkastus kolmen kuukauden kuluessa käyttöönotosta sekä verkonhaltijan kalenterivuoden aikana rakennettujen sähköverkkojen osalta seuraavana vuotena. [5, 2 luku, 7 (§)]

Varmennustarkastuksen saa suorittaa valtuutettu laitos. Muiden kuin luokan 3 a sähkölaitteistojen varmennustarkastuksen saa suorittaa valtuutettu tarkastaja. Varmennustarkastus voidaan korvata muiden kuin luokan 3 a sähkölaitteistojen osalta sähkölaitteiston rakentaneen tai rakentamisesta vastanneen sähköurakoitsijan varmennuksella, jolla on siihen oikeus. [5, 2 luku, 8 (§)]

Varmennustarkastuksesta tai varmennuksesta tulee laatia tarkastustodistus sähkölaitteiston haltijan käyttöön. Tarkastustodistuksesta tulee selvittää kohteen yksilöintitiedot, tarkastusmenetelmät, sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuus sekä lisäksi tarkastuksen tekijän allekirjoitus. [5, 2 luku, 9 (§)]

#### Huolto ja kunnossapito

Sähkölaitteiston kunnon ja turvallisuuden tarkkailemisesta tulee haltijan huolehtia niin, että havaitut virheet sekä viat tulee poistaa riittävän nopeasti. Lisäksi luokan 2–3 sähkölaitteistoille on laadittava kunnossapito-ohjelma. Sen tarkoitus on ylläpitää sähkölaitteiston turvallisuutta. Muiden laitteistojen osalta vaatimukset täyttyvät laitteiden ja laitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla. [5, 3 luku, 10 - 11 (§)]

#### Määräaikaistarkastukset

Erilaisille sähkölaitteistoille on tehtävä määräaikaistarkastuksia seuraavan luettelman mukaisesti:

1) luokan 1 sähkölaitteistolle, asuinrakennuksia lukuun ottamatta viidentoista vuoden välein. Mikäli kuitenkin asuinrakennuksen osana on liiketiloja tai muita pääasiassa muuta käyttöä palvelevia tiloja, joiden suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria, on näiden tilojen sähkölaitteistoille tehtävä määräaikaistarkastus viidentoista vuoden välein;

2) luokan 2 sähkölaitteistoille kymmenen vuoden välein;

3) luokan 3 sähkölaitteistolle viiden vuoden välein. [5, 3 luku, 12 (§)]



Määräaikaistarkastuksella on tarkoitus varmentaa riittävillä pistokokeilla tai muilla soveltuvilla menetelmillä sähkölaitteiston käyttämisen turvallisuus. Lisäksi sen on tarkoitus varmentaa, että huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa on noudatettu. Ja varmistetaan sähkölaitteiston käytön ja huollon vaatimien välineiden, kaavioiden ja ohjeiden olemassaolo sekä laajennus- ja muutostöiden tarkastuspöytäkirjat. [5, 3 luku, 14 (§)]

Määräaikaistarkastuksen voi suorittaa valtuutettu laitos tai -tarkastaja, kuitenkin luokan 3 a laitteistolle tarkastuksen voi ainoastaan tehdä valtuutettu laitos, [5, 3 luku, 14 (§)].

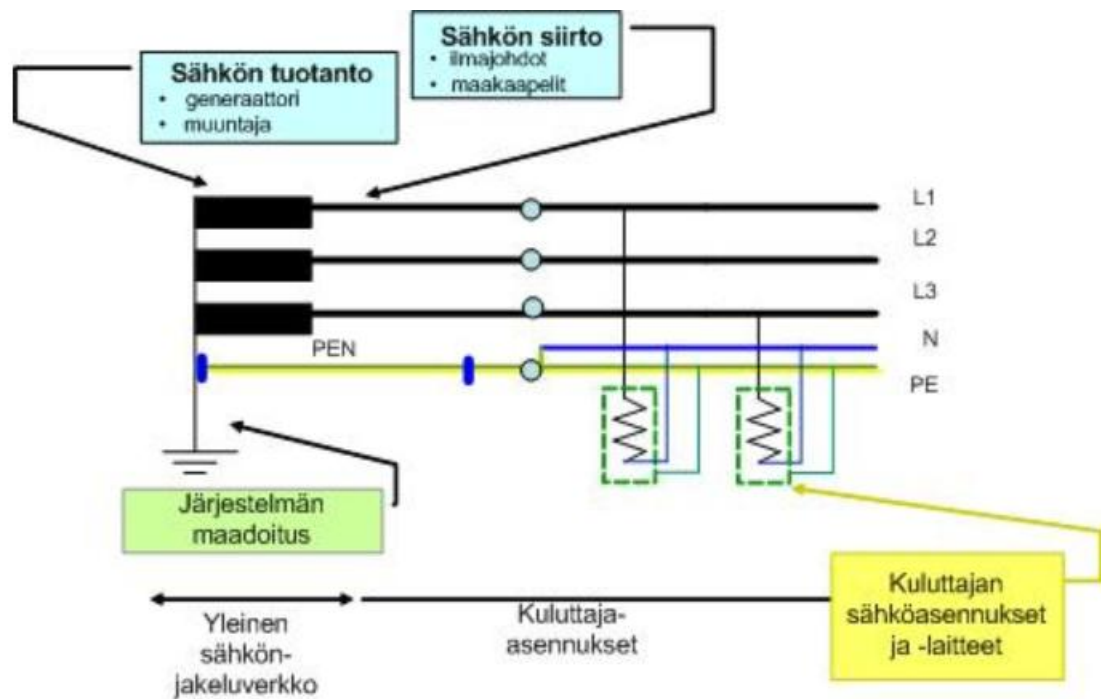
Määräaikaistarkastuksesta on laadittava haltijan käyttöön määräaikaistarkastuspöytäkirja, josta selviää tarkastuksen yksilöintitiedot sekä havainnot sähköturvallisuuteen liittyvistä puutteista. Lisäksi tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja. [5, 3 luku, 15 (§)]

Ilmoitukset sähköturvallisuusviranomaisen rekisteriin on tehtävä seuraavista luokan 2 kohtien c ja d sekä luokan 3 sähkölaitteistoista. Muiden sähkölaitteistojen osalta ilmoitus tehdään jakeluverkon haltijalle. [5, 3 luku, 17 (§)]

### **3 Rakennuksen sähköverkko**

#### **3.1 Jakelujärjestelmät**

Kiinteistön sähkön jakelu- ja käyttöjärjestelmät ovat keskeisessä osassa, kun puhutaan kiinteistön teknisistä järjestelmistä. Tämä johtuu siitä, että lähes kaikki muut järjestelmät ovat riippuvaisia häiriöttömästä sähkön saannista. Sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmien tarkoitus on sähköenergian liittäminen rakennuksiin ja niissä sijaitseviin laitteisiin. Jakelu- ja käyttöjärjestelmien tarkoitus on lisäksi sähkön laadun parantaminen ja sähköenergian mittaaminen. Yleisesti sähköverkko muodostaa valtavan kokonaisuuden, jolla on vaikutuksia kiinteistön sähköverkon ominaisuuksiin ja toimintaan. Kuvassa 1 on rakennusten jakelujärjestelmien periaatekuva. [14.]



Kuva 1. Rakennusten jakelujärjestelmät [14]

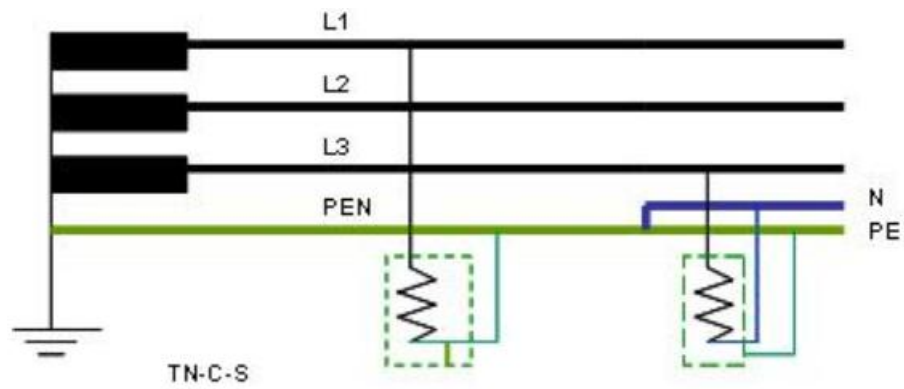
Sähkönjakeluverkoissa käytetään useita erilaisia jakelujärjestelmiä. Jakelujärjestelmät jaetaan ryhmiin, jotka määrittävät jännitteisten johtimien lukumäärän sekä jakelujärjestelmän maadoitustavan mukaan. Vaihtosähköjärjestelmissä voi olla yksi-, kaksi- tai kolmivaihejärjestelmiä. Yleensä vaihtosähkö järjestelmä muodostuu kolmesta vaihejohtimesta (L1, L2, L3) sekä maan potentiaalissa olevasta virrallisesta paluujohtimesta (nollajohdin). Tasasähköjärjestelmät muodostuvat kaksi- tai kolmijohtimisesti. Käyttömaadoitetuissa järjestelmissä yksi virtapiirin piste yhdistetään maan potentiaaliin (muuntajan tähtipiste). Lisäksi suojaustarkoitusta varten virrallisten johtimien lisäksi käytetään suojajohtinta (PE). [14.]

Taulukossa 2 on esitetty jakelujärjestelmien tunnuksia ja niiden merkitys.

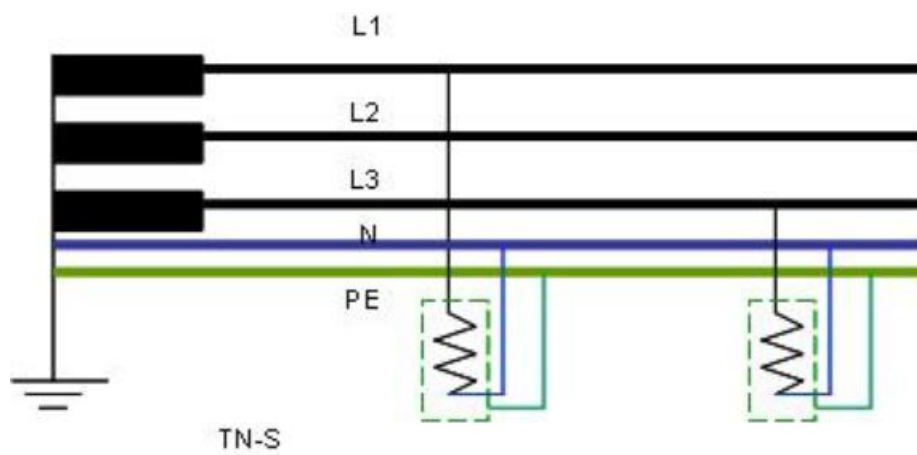
Taulukko 2. Sähkönjakelujärjestelmien tunnuksset [14.]

|   |  |
|---|--|
| Sähkönjakelujärjestelmien tunnuksset  |  |
| 1. kirjain: jakelujärjestelmän maadoitustapa (esim. <b>T</b> N-CS)                            | T= yksi piste on yhdistetty suoraan maahan<br>I= kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta, tai yksi piste on yhdistetty maahan impedanssin kautta  |
| 2.kirjain: sähkölaitteiston jännitteelle alttiiden osien maadoitustapa (esim, <b>TN</b> -C-S) | T= jännitteelle alttiit osat on yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan riippumatta jakelujärjestelmän maadoitustavasta<br>N= jännitteelle alttiit osat on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen (yleensä maadoitettu tähtipiste) |
| Lisäkirjaimet   | S= erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet<br>C= nolla-suojamaadoitusjohtimet on yhdistetty yhteen johtimeen  |
| (esim. TN- <b>C-S</b> )   |  |

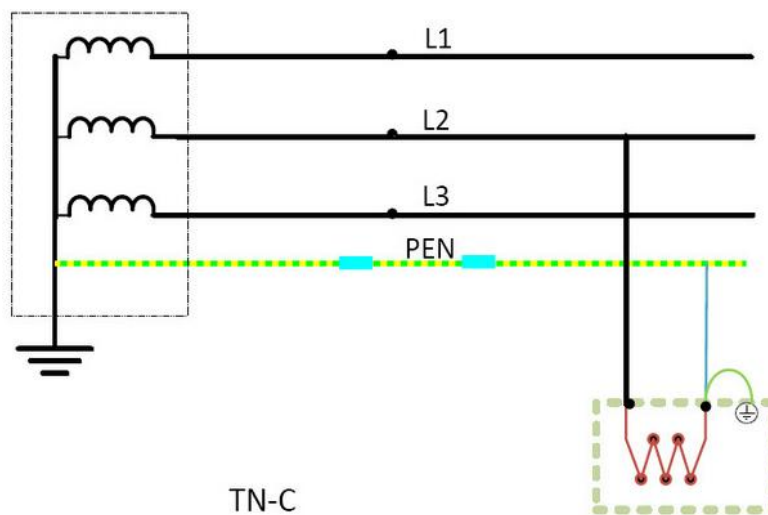
Suomessa kuluttaja-asennuksissa on yleensä käytössä TN-C-S-järjestelmä. Tällöin sähkön jakeluverkon pienjännitejakelussa on TN-C-4-johdinjärjestelmä, jossa nolla- ja suojamaadoitusjohdin on yhdistetty yhdeksi PEN-johtimeksi. Kiinteistöjen sisäisessä verkossa käytetään erillistä N- ja PE-johdinta ja 5-johdinjärjestelmää. Vanhoissa asennuksissa ennen vuotta 1994 käytettiin kiinteistöjen sisäisessä verkossa laajasti PEN-johdinjärjestelmää. Erillisen PE-johtimen käyttö kiinteistöjen sähköverkoissa lisää turvallisuutta sekä ehkäisee häiriöiden muodostumista. Kuvissa 2,3 ja 4 on esitetty TN-jakelujärjestelmät. [14.]



Kuva 2. TN-C-S-järjestelmä [14.]

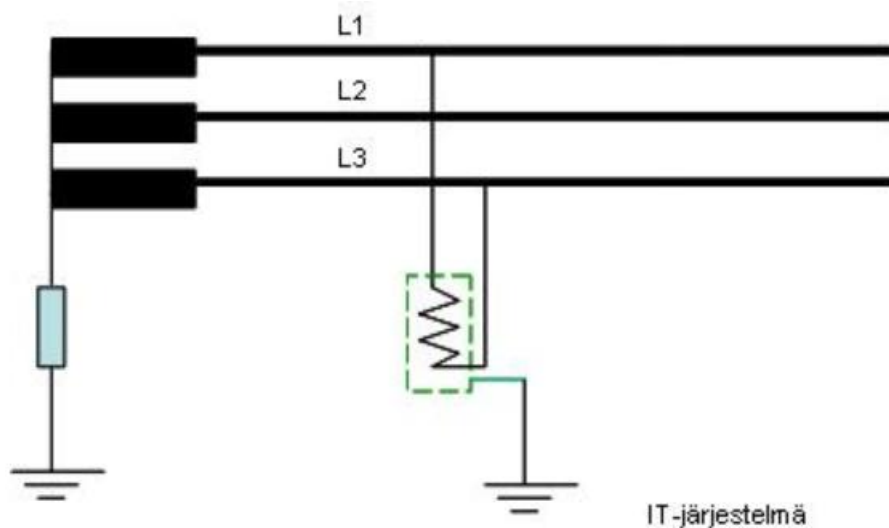


Kuva 3. TN-S-järjestelmä [14.]



Kuva 4. TN-C-järjestelmä [14.]

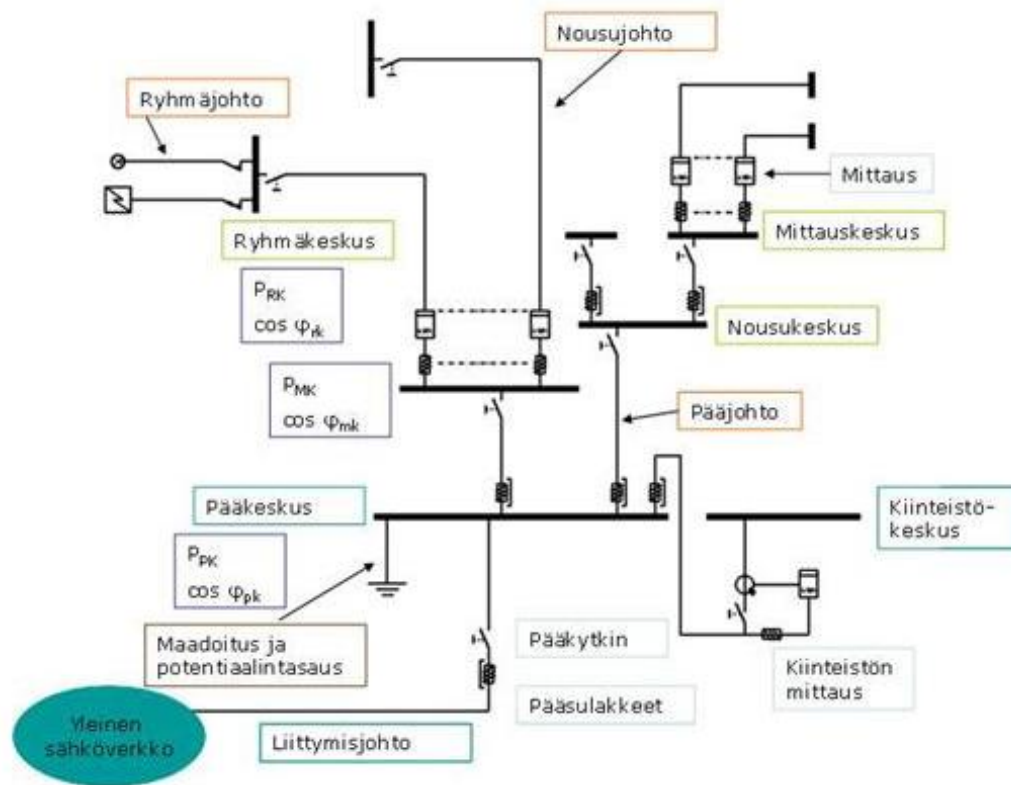
Teollisuusverkoissa ja sähkön siirrossa voidaan käyttää IT-jakelujärjestelmää, jossa sähköverkon mikään piste ei ole yhdistetty maan potentiaaliin tai se on yhdistetty suuren impedanssin kautta. Kuvassa 5 on esitetty IT-jakelujärjestelmä. [14.]



Kuva 5. IT-järjestelmä [14.]

### 3.2 Rakenne ja mitoitus

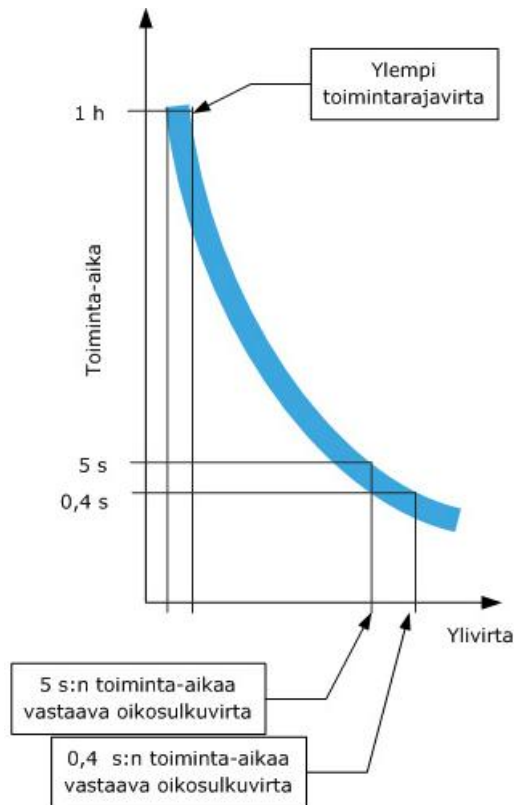
Kiinteistöjen sähköverkot muodostuvat samankaltaisista osista oli kyseessä isompi tai pienempi sähkölaitteisto. Peruslaitteistot ovat samankaltaiset niiden mitoituksen muuttuessa. Laitteistot koostuvat yleensä seuraavasti: liityntä sähkönjakeluverkkoon, pääsulakkeet ja pääkytkin, pää- ja ryhmäjohtoja, maadoituksia ja potentiaalintasauksia sekä keskuksia. Kuvassa 7 on kiinteistöjen sähköverkon periaatellinen rakenne. [15.]



Kuva 6. Sähköverkon rakenne [15].

### Sulakkeiden toiminta

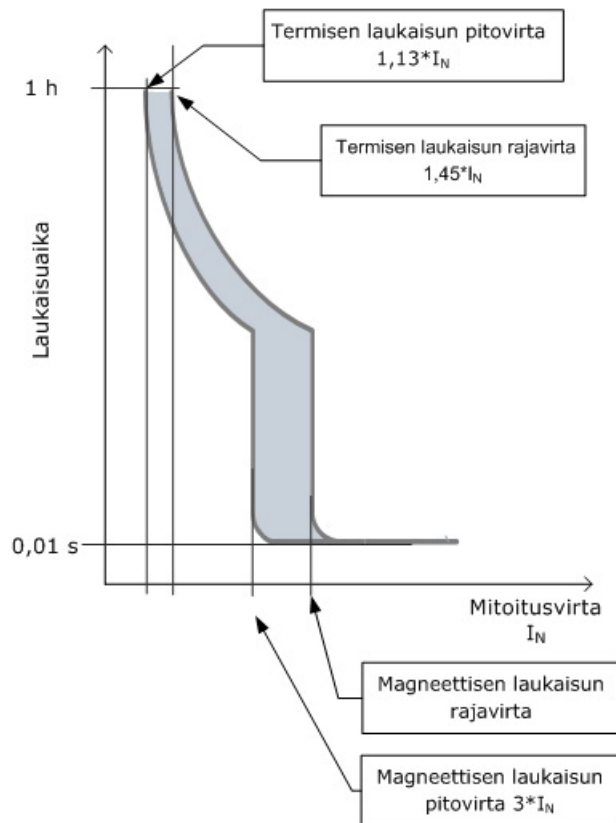
Sulakkeiden toiminta perustuu sen sisällä olevaan metallilangan tai -nauhan sulamiseen, jolla aikaan saadaan virtapiirin katkeaminen. Tämä aiheutuu virran lämpövaikutuksesta. Sulakkeen toimintaan määräävinä tekijöinä on ylivirran suuruus sekä virran kesto aika. Sulakkeita on moneen eri käyttötarkoitukseen. Yleisempiä sulakkeita ovat tulppa- sekä kahvasulakkeet, jotka ovat suojattu kuumuutta kestäväällä posliinikuorella. Sulakkeiden etuina on niiden takaama luotettava erotuskohta sekä vähäinen huoltotarve sekä edullisuus. Kuvassa 8 on sulakkeiden toimintakäyrä. [16.] Sulakkeiden toimintakäyrästä voidaan päätellä sulakkeiden toimivan hyvin nopean poiskytkennän tilanteissa, mutta ylikuormitustilanteissa vähäinen ylivirta ei aiheuta sulakkeiden toimimista.



Kuva 7. Sulakkeiden toimintakäyrä [16].

#### Johdonsuojakatkaisijan toiminta

Johdonsuojakatkaisijan toiminta perustuu kahteen katkaisijan laukaisumekanismiin. Toinen on terminen laukaisu eli hidas laukaisu, jolloin ylikuormituksen aiheuttama virta lämmittää katkaisijaa ja tämä aiheuttaa katkaisijan laukeamisen. Toinen laukaisumekanismi on magneettinen laukaisu eli pikalaukaisu, jota käytetään oikosulkusuojaukseen. Johdonsuojakatkaisijoiden tyypillisiä käyttökohteita on ryhmäjohtojen suojaus asuinrakennuksessa ja vastaavissa tiloissa. Johdonsuojakatkaisijoita on olemassa erityyppisiä. Ne luokitellaan kuormituksen mukaan. Johdonsuojakatkaisijoiden etuna on kompakti rakenne. Ne vaativat pienemmän tilan kuin sulakkeet. Kuvassa 9. on johdonsuojakatkaisijan toimintakäyrä. [17.]

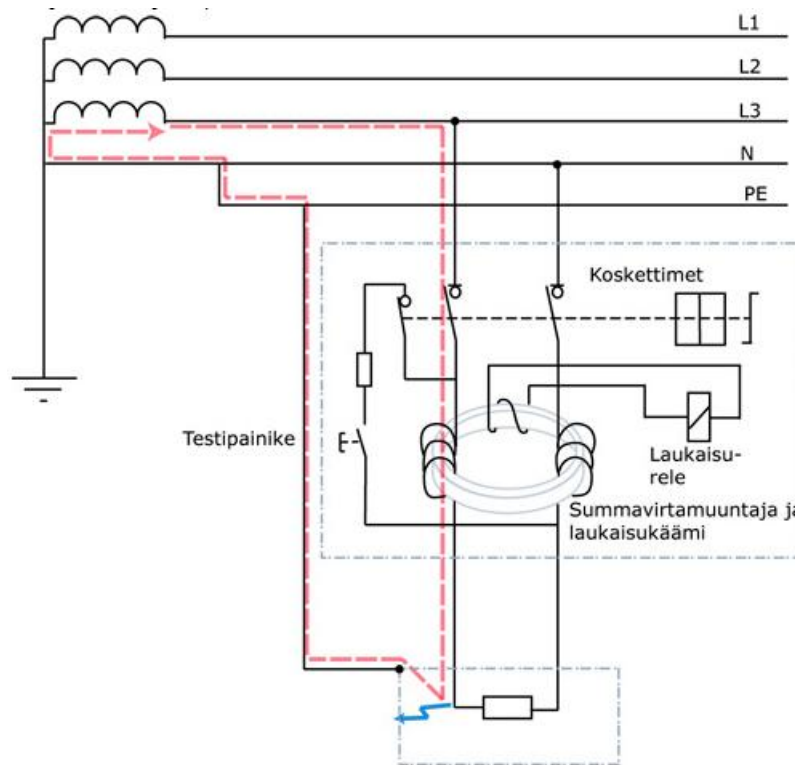


Kuva 8. Johdonsuojakatkaisijan toimintakäyrä [17].

### Vikavirtasuojan toiminta

Vikavirtasuojan toiminta perustuu virranmittaukseen ja niiden summaan, koska vikavirtasuojat mittaa sen läpi kulkevan virran huomioiden sen kulkusuunnan sekä summaa ne. Jos summa poikkeaa mitoitusvirrasta, avautuvat sen koskettimet, jolloin suojattuna ollut ryhmä tulee jännitteettömäksi. Kuvassa 10 on vikavirtasuojan toimintaperiaate. [18.]





Kuva 9. Vikavirtasuojan toimintaperiaate [18].

### Tehomitoitus

Kiinteistöjen sähköverkon mitoitus perustuu kohteen käyttötarkoituksen määrittämiseen, koska samansuuruisissa kiinteistöissä voi huipputeho olla erilainen. Tämä johtuu kiinteistön sähkökäyttäjien tarpeista. Jos esimerkiksi kiinteistössä sijaitsee liikekiinteistöjä, voi niiden tarvitsemat sähkötarpeet vaihdella suuresti. [15.]

Sähköliittymää mitoitettaessa on kiinteistön huipputeho määräävässä asemassa. Se vaikuttaa pääsulakkeiden valintaan ja edelleen liittymiskaapeliin. Sähköliittymää mitoitettaessa on myös huomioitava liittymismaksut, laajenemismahdollisuudet, rakentamiskustannukset, jakeluverkon mitoitus sekä laitekustannukset. [15.]

Sähköliittymän mitoitusvaiheessa ei yleensä ole tiedossa kuormituksen tehokerrointa, jolloin voidaan virtoja laskettaessa käyttää seuraavia arvoja, jos muuta tietoa ei ole saatavilla. [15.]

- Asuminen  $\cos \varphi = 0,95$
- Liiketila  $\cos \varphi = 0,87$
- Pienteollisuus  $\cos \varphi = 0,75$

Asuinkiinteistöjen liittymistehoa mitoitetaan huipputehon pohjalta, kuitenkin huipputehon määrittäminen perustuu kokemusperäisiin arvoihin. Rakennuksen koko, huoneistojen lukumäärä ja lämmitystapa vaikuttavat suuresti kokonaistehoon. Tosin asuinrakennuksissa tyypillisesti kaikkien huoneistojen huipputeho ei ole samanaikainen. Tämä tarkoittaa mitoituksen kannalta sitä, että huipputeho jää pienemmäksi kuin huoneistojen yhteenlaskettu huipputeho. [15.]

Huoneistojen huipputeho jakautuu seuraavan luettelaman mukaisesti:

- keittiön lämpökojeet (kojekuorma)
- kodin kylmälaitteet (kojekuorma)
- vaatehuollon sähkölaitteet (kojekuorma)
- kodin elektroniikkalaitteet (kojekuorma)
- sähkökiuas (sähkölämpökuorma)
- sähköinen lämminvesivaraaja (sähkölämpökuorma)
- auton sähkölämmityslaitteet (sähkölämpökuorma)
- muut kodin sähkölaitteet (kojekuorma).

Pinta-alariippuvaiset kuormitukset ovat

- valaistus (valaistuskauorma)
- sähkölämmitys (sähkölämpökuorma)
- LVI-laitteet (kojekuorma) [15].

Muiden kuin asuinkiinteistöjen tehojen mitoitus perustuu tapauskohtaisten kuormien mitoitukseen, joissa huomioidaan seuraavat kuormitukset:

- kojekuorma
- valaistus käyttötarpeen mukaan
- muut kojeet ja laitteet ottaen huomioon käytön risteilyn
- varautumisen tulevaisuuden tarpeisiin [15].

#### 4 Käyttöönottotarkastus

Kaikille sähköasennuksille on suorittava tarkastus, Se tulee suorittaa asennuksen aikana tai sen valmistuttua ennen käyttöönottoa. Lisäksi on testein osoitettava, että SFS 6000 standardin vaatimukset tulevat täytetyksi. Tarkastajan käytettävissä tulee olla kohteen sähköpiirustukset ja dokumentit, joista ilmenevät seuraavat asiat:

- virtapiirien laji ja -rakenne
- tiedot, joiden avulla suoja-, kytkin- ja erotuslaitteiden ominaisuudet ja sijainti voidaan tunnistaa
- johdintyypit ja poikkipinnat
- virtapiirien pituudet
- suojalaitteiden lajit ja tyypit
- suojalaitteiden mitoitusvirrat ja asettelut
- prospektiiviset oikosulkuvirrat ja suojalaitteiden katkaisukyvyt. [6, s. 5.]

Käyttöönottotarkastuksessa tulee vertailla tarkastustuloksia ja vaatimuksia, jotta saadaan selville, täyttyvätkö SFS 6000 -standardin vaatimukset. Tarkastuksen tekijäksi tulee valita sähköalan ammattihenkilö, jolla on riittävä pätevyys tehdä tarkastuksia. Tarkastuksien ja testauksien tekemisen yhteydessä on huomioitava, ettei aiheuteta vaaraa henkilöille tai omaisuudelle tai vaurioiteta asennettuja laitteistoja. Lisäksi korjattaessa tai laajennettaessa olemassa olevaa sähkölaitteistoa tulee todeta muutosten vaatimustenmukaisuus sekä olemassa olevien asennusten turvallisuus. [6, s. 5.]

Tarkastussuunnitelma

Tarkastussuunnitelman laadinta selkeyttää tarkastuksien tekemistä, ja sen merkitys kasvaa perusparannus- ja korjausrakentamisessa, joissa useasti joudutaan tekemään

työt osissa. Tarkastussuunnitelma sisältää aistinvaraiset arvioinnit, mittaukset, testaukset sekä muut tarkastukset sekä niitä varten tarvittavat tarkastuskuvaus- ja tarkastusraportointilomakkeet. [9, s. 330.]

Tarkastussuunnitelmasta tulisi selvittää seuraavat asiat:

- Miten ja milloin tarkastukset tehdään?
- Kuka tarkastuksen tekee?
- Kuka mittauksen tekee?
- Miten tarkastuksiin perehdytetään?
- Kuinka mittauksia kontrolloidaan?
- Miten dokumentointi hoidetaan?
- Miten puutteet korjataan ja miten korjatut kohteet tarkastetaan?
- Minkälaisilla mittausmenetelmillä ja -laitteilla mittaukset tehdään?
- Miten mittalaitteen kunto varmistetaan?
- Miten aliurakoitsijoiden osalta tarkastusvelvoitteet hoidetaan? [9, s. 330–331.]

#### Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraisia tarkastuksia suoritetaan yleensä koko sähkölaitteiston rakentamisen ajan, jotta saadaan varmistettua piiloon jäävien asennusten vaatimustenmukaisuus. Aistinvaraisesti tulee tarkistaa kiinteästi asennettavat sähkölaitteet, jotta ne täyttävät niille asetetut turvallisuusvaatimukset. Niiden tulee olla valittu ja asennettu standardin pohjalta sekä noudattaen valmistajan ohjeita. Aistinvaraisesti tarkastetaan seuraavan luettelaman mukaiset kohdat.

- sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät,
- palosuojauksen käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaikutuksilta suojaamiseksi tehdyt toimenpiteet,
- johtimien valinta kuormitettavuuden, sallitun jännitteenalenneman ja häiriösuojauksen kannalta,
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu,

- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus,
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutusten mukaan,
- nolla- ja suojajohtimien tunnuksot,
- yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin,
- piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo,
- virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus,
- johtimien liitosten sopivuus,
- suojajohtimien, mukaan luettuna suojaavien potentiaalintasausjohtimien ja lisäpotentiaalintasausjohtimien olemassa olo ja sopivuus,
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila. [6, s. 5.]

## Testaus

Testauksien tarkoitus on täydentää aistinvaraisia tarkastuksia sekä varmistaa suojausjärjestelmien toiminta. Lisäksi selvitetään mahdollisten virhekytkentöjen aiheuttamat jännitteet suojamaadoitetuissa osissa esimerkiksi suojamaadoitettujen pistorasioiden maadoitusliuskoissa. Asennusten tulee olla valmiit testattavilta osin ennen testauksen aloittamista. Mittauksien hyödyllisyyden takia mittaustulosten tulkitseminen oikein on tärkeää sekä mittauspöytäkirjasta tulee näkyä, että vaatimukset täyttyvät. [9, s. 337.]

Testauksessa käytetyt menetelmät voivat olla alla kuvatun mukaisia tai voidaan käyttää muita menetelmiä, mutta niillä saadut tulokset tulee olla yhtä luotettavia. Mittaus- ja tarkastuslaitteet tulee olla EN 61557 -standardin mukaisia tai käytettyjen laitteiden ominaisuuksien sekä turvallisuustasojen tulee olla vastaavat. Luotelman mukaiset testit tulee suorittaa mieluiten seuraavassa järjestyksessä. Lisäksi on huomioitava testissä havaittujen vikojen vaikutus jo suoritettuihin testauksiin. [6, s. 6–7.]

- suojajohtimien jatkuvuus
- sähköasennusten eristysresistanssi
- SELV- ja PELV- piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus
- lattia- ja seinäpitojen resistanssi
- syötön automaattisen poiskytkennän toiminta

- lisäsuojaus
- napaisuustesti
- kiertosuunnan mittaus
- toiminta- ja käyttötestit.

#### Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja vaaditaan tehtäväksi tietyille asennuksille, jotka ovat määritelty säädöksessä KTMp (517/1996). Tämä koskee valmiiksi saatettuja uusia asennuksia tai olemassa olevien asennuksien laajennus- tai muutostöitä. Asennusten yksityiskohtaiset määrittelyt sekä tulokset tarkastuksista ja testauksista, tulee ilmetä pöytäkirjasta. Ennen asennusten ilmoittamista SFS 6000 vaatimuksen mukaisiksi, tulee käyttöönottotarkastuksessa havaitut viat ja puutteet korjata. Silloin kun käyttöönottotarkastus koskee olemassa oleviin asennuksiin tehtyjä muutoksia, voidaan pöytäkirjaan lisätä mahdollisia parannus- ja korjausehdotuksia. [6, s. 12.]

## 5 Asuinkerrostalon käyttöönottotarkastus

### 5.1 Mittalaitteet

Urakoitsijalla tai varmennustarkastajalla tulee olla käytössään vähintään seuraavan luettelman mukaiset mittalaitteet, jotta tarvittavat testit voidaan suorittaa [9, s. 348]. Lisäksi mittalaitteiden tulee olla EN 61557 -standardin mukaisia. [6, s. 6–7.]

- yleismittari
- eristysresistanssimittari
- pihtiampeerimittari
- vaihejärjestyksen ilmaisim
- suojajohdinpiirin kunnon toteamiseen soveltuva laite
- jännitteenkoetin
- oikosulkuvirran määrittämiseen soveltuva laite.

### 5.1.1 Asennustesteri

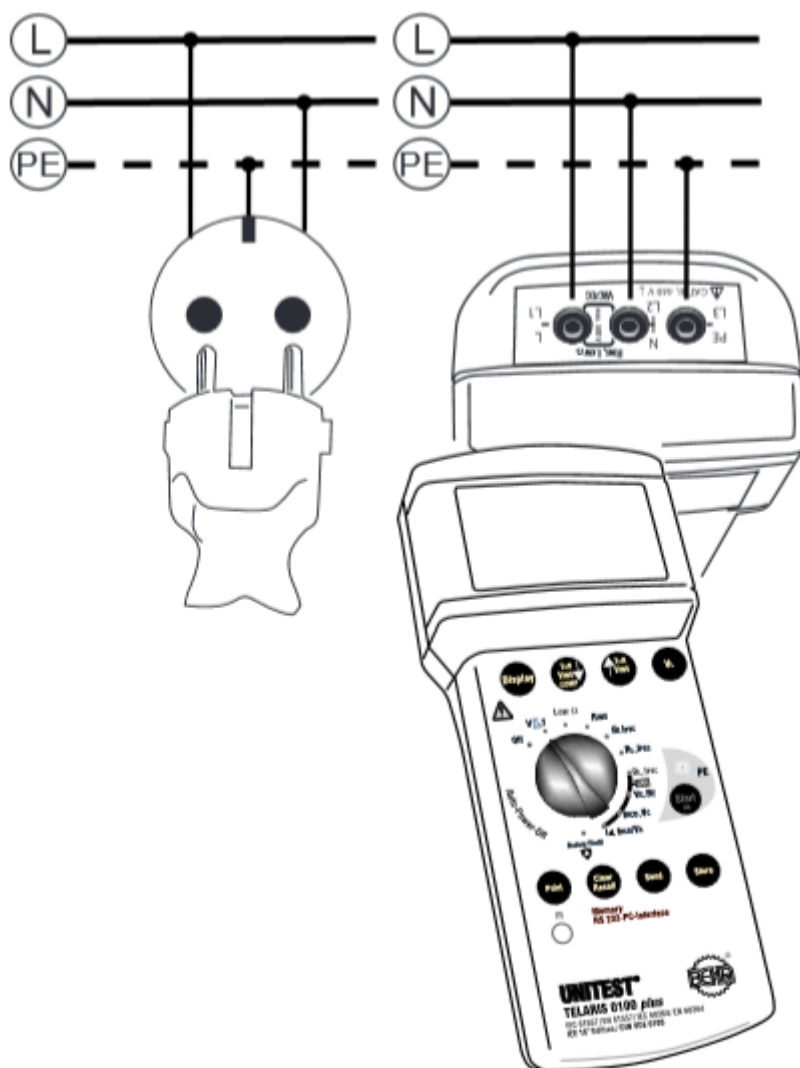
Kuusitunturi Lahti Oy:llä on käytössä Amprobe 0100 plus -asennustesteri. Testerin soveltuu sähköasennusten tarkastamiseen, ja se täyttää standardin asettamat vaatimukset mittalaitteille.

Mittalaitteella voidaan mitata seuraavia mittauksia, joita käyttöönottomittauksia tehdessä edellytetään.

#### Jännitemittaus

##### Vaihtojännitteen ja taajuuden mittaaminen

Valitaan mittausalue " VACDC,f" mittausalueen valintakytkimestä ja liitetään mittalaitteeseen verkkoliitäntäkaapeli tai mittajohto. Johdot liitetään niille osoitetuille paikoille mittalaitteeseen. Seuraavana liitetään mittajohto mittauspisteeseen. Sen jälkeen luetaan sekä tallennetaan mittaustulos. Kuvassa 10 on esitetty asennustesterin kytkentä. [18, s. 10.]

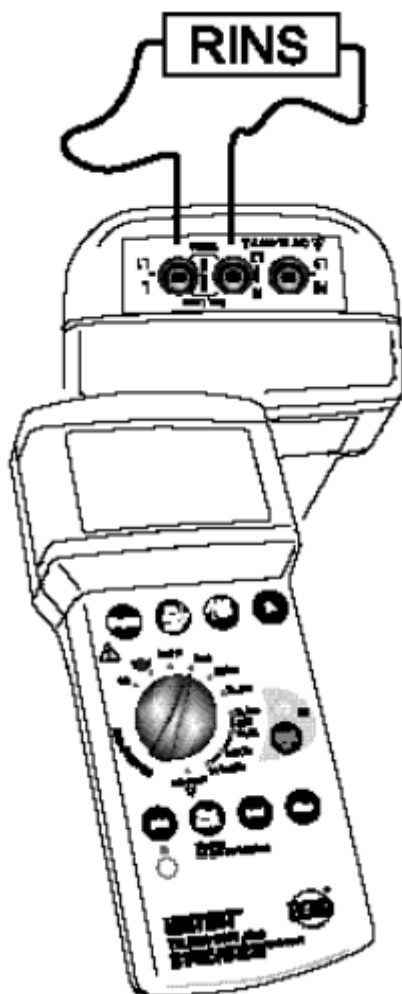


Kuva 10. Jännitemittaus [18, s. 10].

### Eristysresistanssimittaus

Mittalaitteeseen liitetään mittajohdot ja ne liitetään mitattaviin pisteisiin. Mittalaitteen kääntökytkimestä valitaan asento "RINS". Tämän jälkeen valitaan haluttu koejännite (100 V/250 V/500 V). Seuraavaksi painetaan "START" -painiketta ja odotetaan mittauksen valmistumista, jonka jälkeen kirjataan mittaustulokset. Jos "START" -painiketta painettaessa mittalaitteen näyttöön tulee ilmoitus "Uext", on mittauskohde jännitteinen eikä mittausta voida suorittaa. Mittauskohde on tehtävä jännitteettömäksi, jotta mittaus voidaan suorittaa. Kuvassa 11 on esitetty asennustesterin kytkentä. [18, s.13.]



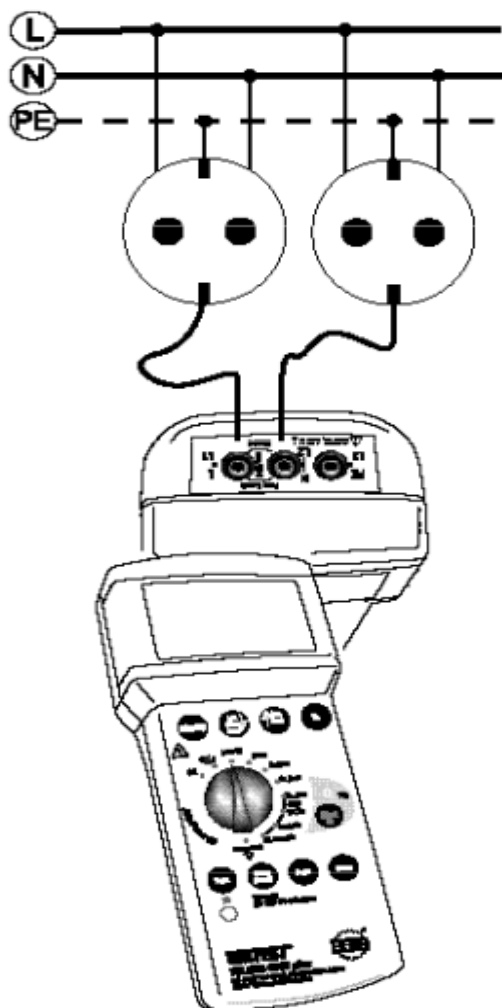


Kuva 11. Eristysresistanssimittaus. [18, s.13]

#### Suojamaadoitusjohtimen jatkuvuusmittaus

##### Jatkuvuusmittauksen suorittaminen

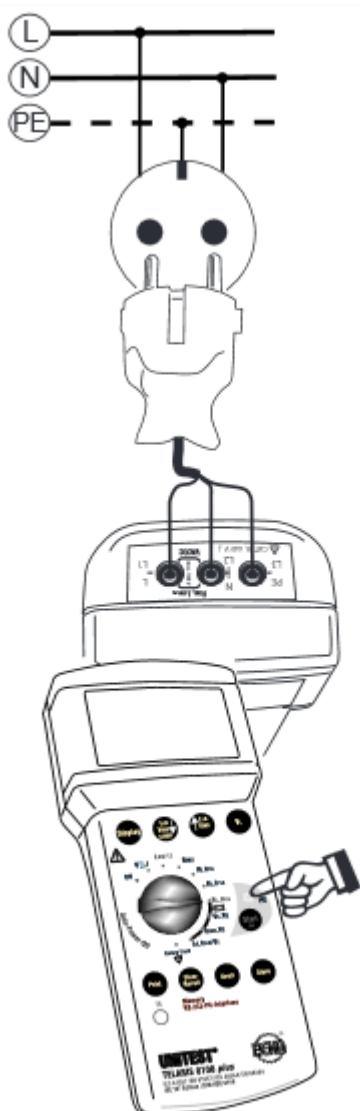
Mittalaitteeseen liitetään mittajohdot ja käännetään mittarin mittaussento kohtaan "LOW-Ω". Nyt mittajohdot liitetään toisiinsa, jotta saadaan tarkastettua mittajohtojen eheys. Kun mittajohdot on todettu ehyiksi ja niiden resistanssi on tarvittaessa kompensoitu, voidaan siirtyä varsinaisiin mittauksiin. Mittausjohdot liitetään tarvittaviin mittauspisteisiin. Seuraavaksi mittarista painetaan "START" -painiketta. Jos mittari tekee virheilmoituksen "Uext", on mittauspisteissä jännite, jolloin mittaus ei voida suorittaa. Kun jännite on kytketty pois, voidaan mittaus suorittaa "START" -painiketta painamalla, jonka jälkeen tulos voidaan tallentaa. Kuvassa 12 on esitetty asennustesterin kytkentä. [18, s.11.]



Kuva 12. Jatkuvuusmittaus [18, s.11].

#### Silmukkaimpedanssimittaus

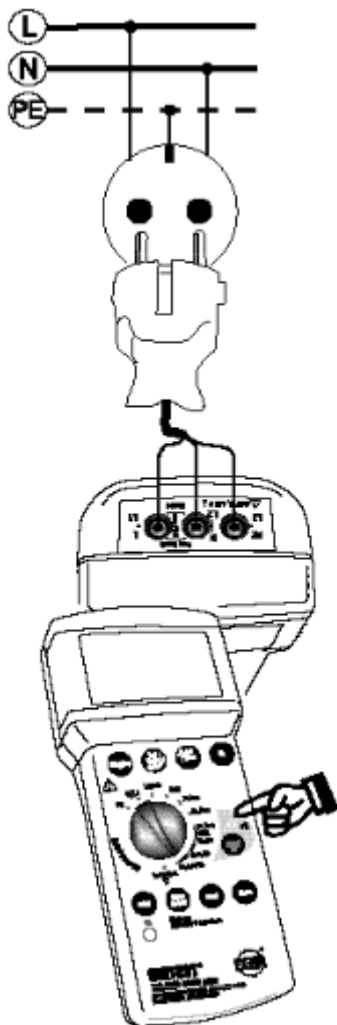
Silmukkaimpedanssimittaus aloitetaan kytkemällä mittalaitteeseen pistokemittajohto. Seuraavana valitaan mittalaitteen valintakytkimestä mitta-alue "RL,IPSC". Mittajohto kytketään mitattavaan pistorasiaan ja painetaan "START" -painiketta. Mittaustulos luetaan ja se tallennetaan tarpeen mukaan. Kuvassa 13 on esitetty asennustesterin kytkentä. [18, s. 20.]



Kuva 13. Silmukkaimpedanssimittaus [18, s.20].

### Vikavirtasuojan mittaus

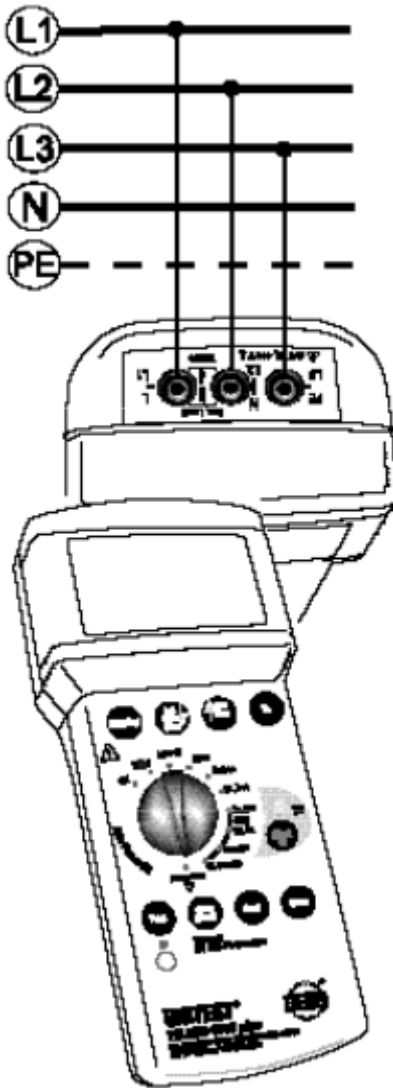
Vikavirtasuojan mittaus aloitetaan liittämällä pistokemittajohto mittalaitteeseen. Tämän jälkeen valitaan mittausalue "IR,tRCD/VC[RCD]" kääntökytkimestä ja valitaan vikavirtasuojan nimellistoimintavirta. Seuraavana mittajohto liitetään mitattavaan pistorasiaan ja painetaan "START" -painiketta. Tuolloin mittalaite suorittaa ensin mittauksen esikoestuksella, joka on 1/3 vikavirtasuojan nimellistoimintavirrasta, jonka aikana mitataan kosketusjännite. Tämän vaiheen jälkeen mittalaite nostaa vikavirtaa portaittain 10 % portaissa aina 140 %:iin asti, kunnes vikavirtasuoja havahtuu. Seuraavana tarkastetaan mittaustulokset ja tallennetaan ne. Kuvassa 15 on esitetty asennustesterin kytkentä. [18, s. 27.]



Kuva 14. Vikavirtasuojan mittaus [18, s.27].

#### Kiertokentän mittaus

Kiertokentän mittaus aloitetaan liittämällä mittalaitteeseen mittausjohdot, jonka jälkeen valitaan kiertokytkimestä "Rotary Field" -asento. Seuraavaksi liitetään mittajohdot mittapisteisiin. Mittalaitteen suoritettua mittaus tarkastetaan mittaustulokset ja tallennetaan ne. Kuvassa 15 on esitetty asennustesterin kytkentä. [18, s.29.]



Kuva 15. Kiertokentän mittaus [18, s. 29].

### 5.1.2 Jännitetesteri

Kuusitunturi Lahti Oy:n asentajilla on käytössään Fluke-T100 -jännitetesteri, jolla voidaan suorittaa jännite-, jatkuvuus- ja kiertokentänmittauksia. Sähköturvallisuuden näkökulmasta on olennaisen tärkeää, että asentajilla on käytössään luetettava jännitteenkoetin, jotta vältytään tahattomalta jännitteisen osan koskettamiselta. Kuvassa 16 on esitetty jännitetesteri. [19.]



Kuva 16. Jännitetesteri [19].

### 5.1.3 Pihtiampeerimittari

Kuusitunturin Lahti Oy:n asentajilla on käytössään Fluke-323 pihtivirtamittari, jolla voidaan suorittaa virtamittauksia purkamatta kytkentöjä. Sähköturvallisuuden näkökulmasta on olennaisen tärkeää, että asentajilla on käytössään luetettava virtamittari, jotta vältetään tahattomalta jännitteisen osan koskettamiselta. Tämä johtuu siitä, että virtamittauksia voidaan suorittaa purkamatta kytkentöjä ja ne voidaan suorittaa peruseristettyjen johtimien päältä. Kuvassa 17 on esitetty pihtiampeerimittari. [20.]



Kuva 17. Pihtiampeerimittari [20].

## 5.2 Käyttöönottotarkastussuunnitelma

Käyttöönottotarkastussuunnitelman tekeminen tulisi aloittaa ennen kuin varsinaisia sähköasennuksia on aloitettu. Käyttöönottotarkastuksen tekijät tulisi nimetä sekä varmistua siitä, että he ovat riittävän ammattitaitoisia. Tarkastuksen tekijöiden tulee olla sähköalan ammattilaisia sekä tuntea riittävällä laajuudella alaa koskevat määräykset ja ohjeet. [12, s. 9.]

Tarkastuksien ajankohdat sekä kenen vastuulle tarkastuksen tekeminen kuuluu, tulisi selvittää ennen työmaan aloittamista. Näin vältetään asennusten tarpeettomalta purkamiselta tarkastuksia varten sekä varmistetaan tarkastusten kattavuus. Koska tarkastukset ajoittuvat koko rakennusajalle, olisi tarkoituksen mukaista, että kaikkien sähköasennusten parissa työskentelevien henkilöiden tulisi olla tietoisia tarkastusten tekemisestä ja niitä koskevista määräyksistä. Tällöin päästäisiin tilanteeseen, jossa asentaja itse näkee, milloin on tarpeellista suorittaa tarkastuksia ja milloin ne ovat järkevä toteuttaa. Lisäksi palaute tulee juuri oikealle henkilölle, jos virheitä tapahtuu. Tällöin myös asentajan osaaminen kehittyy ja samojen virheiden toistuminen vähenee. Tällainen toimintamalli on erityisen suositeltavaa asuntotuotantokohteissa, joiden asennusten toteuttamisesta vastaa yleensä vain muutama asentaja. Jos kokoaikaisesti työkohteessa olevaa työnjohtoa ei ole vaan työnjohto käy työmaalla esimerkiksi viikon välein, on

tarkoituksen mukaista, että asentajat tekevät osan tarkastuksista tai ilmoittavat tarkastuksen suorittavalle henkilölle milloin tarkastus voidaan suorittaa. [12, s.10.]

### 5.3 Aistinvaraiset tarkastukset

Aistinvaraiset tarkastukset ovat laajin yksittäinen osa-alue käyttöönottotarkastuksia, ja ne ajoittuvat koko työsuoritusajalle. Aistinvaraiset tarkastukset kohdistuvat yleensä dokumentointiin, merkintöihin, mekaaniseen ja vettä vastaan tehtyyn suojaukseen sekä kosteus- ja palosuojaukseen. Näiden lisäksi tarkastukset voivat kohdistua moniin muihin yksityiskohtaisempiin vaatimuksiin. [12, s.12.]

Aistinvaraisissa tarkastuksissa tulee erityisesti kiinnittää huomiota alkuvaiheessa tehtäviin maan tai rakenteiden sisään jääviin asennuksiin, joiden tarkastaminen asennustyön jälkeen on vaikeaa. Toisinaan kaapeliasennukset suoritetaan osissa, jolloin kokoaennusta ei voida tarkastaa kerralla. Silti on tärkeää huomioida eri vaiheissa tapahtuneiden asennusten tarkastaminen. Yleensä maahan asennettavista sähkölaitteistoista tarkastetaan kaapelien eheys, asennussyvyys, mekaaninen suojaus ja merkinnät. Vainvattomammin asennusten tarkastaminen toteutuu niitä asentavan henkilön toimesta, jolloin ne saadaan heti asennusten valmistuttua tarkastettua. [12, s.14.]

Rakennuksien sisään tulevien asennusten aistinvaraisissa tarkastuksissa tulee huomioida paloläpivientien tarkastus ennen kaapeliasennusta, koska kaapelien asentamisen jälkeen paloläpivienti voi olla vaikeaa tai työlästä saada vaatimusten mukaiseen kuntoon. Aistinvaraisien tarkastuksien tekeminen tulee aloittaa rakennuksen runkovaiheen asennuksien tekemisen yhteydessä, koska asennuksia voidaan tehdä rakenteiden sisään sekä ne voivat olla rakenteilla peitettyjä. Yleisesti huomioitavia asioita ovat riittävä mekaaninen kiinnitys, kaapelien taivutussäteet, lämpöeristeiden vaikutus ja luokse pääsy tarvittaessa. [12, s.15.]

Elementtirakenteisissa rakennuksissa osa sähköasennuksista voidaan tehdä jo elementtitehtaalla. Näiden asennusten tarkastamisessa tulee olla erittäin huolellinen, koska sähköasennusten kokonaisvastuu on työn todellisella sähköurakoitsijalla. Toisten tekemien asennusten ongelmana on juuri aistinvaraisten tarkastusten tekeminen, ei niinkään mittauksien ja testauksien tekeminen. Selkein toimintatapa tällaisissa asen-



nuksissa on pyytää tarkastuspöytäkirja itse työntekijältä ja liittää se lopullisiin käyttöönottodokumentteihin. [12, s. 15–16.]

Johtoreittien asentamisen yhteydessä on myös tarkasteltava asennuksia aistinvaraisesti, kuten johtoreittien kiinnityksiä sekä kaapeleiden vaurioitumisriskin minimointia ja potentiaaalintasauksia. Johdotustyön alettua aistinvaraisten tarkastusten määrä kasvaa, ja edelleen lisääntyy, kun siirrytään sähkökalusteiden sekä -laitteiden asentamiseen. Tarkastuksien tekeminen asennustyön aikana on ehdottoman tärkeää, sillä osalle asennuksista myöhemmin suoritettava aistinvarainen tarkastaminen voi olla todella hankalaa ja kustannuksia nostavaa. [12, s.16.]

Hyvin sekä huolella tehdyllä aistinvaraisella tarkastamisella on loppuvaiheen kiireitä ehkäisevä vaikutus. Jos esimerkiksi suunnitelmissa olevilla laitteilla ei päästä sähköturvallisuusvaatimusten mukaiseen asennukseen, voidaan ne havaita aistinvaraisella tarkastamisella ja korjata asennukset jo ennen loppukiireitä. Lisäksi jo aikaisemmassa työntoteutusvaiheessa olevan puutteen huomaaminen tuo kustannussäästöä ja antaa asentajista ammattimaisemman kuvan. [12, s.16.]

Kohdetta luovutettaessa tulee käyttäjälle luovuttaa kaikki käytön sekä huollon vaatimat dokumentit. Merkintöjen ja ohjeistuksien tulee olla paikallaan. Lisäksi tulee huomioida asennustyön aikana tehtyjen muutoksien siirtyminen loppupiirustuksiin, jotta loppupiirustukset olisivat paikkaansa pitävät. Asennuksista tulee kerätä asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeita jo hyvissä ajoin ennen kohteen valmistumista. Jos niistä ei ole huolehdittu asennuksia tehdessä, niiden hankkiminen jälkikäteen voi olla hankalaa. [12, s.16.]

#### Sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät

Sähköiskulta suojaamiseen käytettyjen menetelmien tarkastus edellyttää, että laitteiden perussuojaus on kunnossa. Koteloiden ja johtojen eristeiden on oltava kunnossa sekä vikasuojaukseen käytetty menetelmä valittu oikein. Uudiskohteissa se tarkoittaa yleensä suojasta automaattisella poiskytkennällä, jolloin edellytetään suojamaadoitettujen laitteiden käyttöä. [9, s. 332.]

Sähköiskulta suojaamiseen käytettyjen menetelmien tarkastaminen suoritetaan pääosin kojeita sekä sähkölaitteistoja asennettaessa. Tällöin tarkistetaan esimerkiksi pistorasioiden koteloiden ja kaapelien eristysten kunto. Lisäksi tarkastetaan kojeiden kote-

lointiluokituksen riittävyys asennuskohteessa esimerkiksi pesutiloissa ja ulkotiloissa. Riittävien suojaetäisyyksien tarkastaminen esimerkiksi pesuhuoneessa sijaitsevasta suihkupisteestä tulisi tarkastaa jo kaapeleita sekä kojerasioita seinärakenteeseen asennettaessa, jolloin vältetään valmiiden rakenteiden purkutöitä. Uudiskohteissa vi-  
kasuojaukseen käytetään yleensä suojausta automaattisella poiskytkennällä, jolloin edellytetään suojamaadoitettuja laitteita, saneerauskohteissa tulee tarkastaa maadoit-  
tamattomien vanhojen asennusten suojaetäisyydet uusista asennuksista.

Palosuojauksien käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaikutuksilta suojaamiseksi tehdyt toimenpiteet

Palosuojauksen osalta tulee varmistaa asennettujen laitteiden sijoitus sekä suojaetäi-  
syydet valmistajan ohjeiden mukaan, ettei laitteesta aiheudu liiallista rakenteiden tai  
laitteen lämpenemistä. Palovaarallisten tilojen asennustarvikkeiden ja laitteiden tulee  
olla kyseiseen tilaan hyväksyttyjä. Kaapeliläpivientien osalta tulee tarkastaa, ettei hei-  
kennetä rakenteen paloteknistä luokitusta. [9, s. 332–333.]

Palosuojauksen osalta tulee tarkastaa, sähkölaitteiden asentaminen asennusohjeiden  
mukaisti, jotta vältetään rakenteiden liialliselta lämpenemiseltä. On myös huomioitava  
toisten osapuolien suorittamat työt. Esimerkiksi, jos rakennusurakoitsija tekee upotetta-  
ville valaisimille upotusaukot, tulee niiden toteutustapa ja minimisuojaetäisyydet sopia  
sekä tarkastaa. Kaapeleita asennettaessa palo-osastoidulta alueelta toiselle tulee oi-  
kea toteutustapa tarkastaa, jottei heikennetä palo-osastoinnin rakennetta. Lisäksi tulee  
huomioida tilojen asettamat vaatimukset kaapeleille. Esimerkiksi asuinkerrostalon  
ulosmenoreiteille porrashuoneisiin asennettavien kaapeleiden tulee olla ns. halogeenit-  
tomia kaapeleita, jollei niitä asenneta palo-osastoidun kotelon sisään.

Johtimien valinta kuormitettavuuden, sallitun jännitteenaleneman ja häiriösuojauksen  
kannalta

Johtimia ja kaapeleita asennettaessa tulee noudattaa suunnitelmien mukaisia poikki-  
pintoja sekä asennusreittejä, jotta vältetään kaapelien kuormitettavuuden heikkenemi-  
seltä. On huomioitava kaapeleiden asennustapa ja valittujen ylikuormitus- ja oikosul-  
kusuojiin sijoitus sekä asettelu. Lisäksi tulee varmistua siitä, ettei kaapeleita asenneta  
lämpöeristeiden sisään. Jännitteenaleneman suuruudelle ei ole asetettu vaatimusta,  
mutta 4 %:a voidaan pitää hyvänä raja-arvona sähkölaitteiston liityntäpisteen ja kulu-

tuslaitteen välillä. Häiriösuojauksen kannalta tulee kaapeleita asennettaessa huomioida niiden sijoitus toisiinsa nähden, jotta vältetään häiriöherkkien kaapelien häiriintymiseltä. Lisäksi kaapelityyppejä valittaessa tulee huomioida kaapelityyppejä valittaessa laitteen valmistajan ohjeet kaapelityypeistä, esimerkiksi taajuusmuuttajien asentamisessa.

#### Suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu

Suoja- ja valvontalaitteiden valinnan sekä asettelun tarkastus suoritetaan keskuksista, joista todetaan niiden olemassa olo ja oikea valinta sekä suunnitelmien mukaisuus ja asennus. Jos suunnitelmista on poikettu, on varmistettava valitun suojalaitteen sopivuus. [9, s.335.]

#### Erotus-, käyttö ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu

Erotus- ja kytkentälaitteet on tarkastettava jokaiselta sähkölaitteelta. Pienien keskuksien osalta tulee varmistaa merkinnät sekä erotuspaikan olemassa olo. [9, s. 335.] Lisäksi varmistetaan erotus-, käyttö- ja valvontalaitteiden sijoitus ja asettelu. Sekä tarkastetaan mahdollisesti huollon tarvitsemat poiskytkentälaitteet sekä merkinnät.

#### Sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan

Sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien tarkastaminen ulkoisten tekijöiden vaikutuksen osalta tarkoittaa laitteiden tarkastamista kosteuden, pölyisyyden, lämpötilan, mekaanisen vaurioitumisen ja häiriösuojauksen osalta. Sähkölaitteiden sopivuus kyseiseen tilaan tarkastetaan, ja kotelointiluokkien tulee täytyä. Lisäksi johtojen valinnassa tulee huomioida ulkoisten tekijöiden vaikutukset, esimerkiksi korkean käyttölämpötilan tai mekaanisen kestävyys takia. Lisäksi sähkölaitteiden häiriösietokyky on arvioitava sähkölaitteistossa esiintyvien häiriöiden takia. [9, s. 334.]

#### Nolla- ja suojajohtimen tunnuks

Nolla- ja suojajohtimien tunnusvärit ja niiden vaatimusten mukaisuus tarkastetaan, lisäksi kytkentätiloissa on oltava riittävät merkinnät. Tarkastaminen on helpointa suorittaa työn edetessä. [9, s. 336.]

## Yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin

Yksivaiheisia kytkinlaitteita asennettaessa tulee tarkastaa niiden kytkentä äärijohtimiin, sillä niitä ei saa asentaa nollajohtimiin. Tarkastus tulee suorittaa asennustöiden yhteydessä, jotta vältetään turhalta asennusten purkamiselta.

## Piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo

Piirustusten pitäminen ajan tasalla on helpointa tehdä asennustyön yhteydessä. Sähköasennuksista tarvitaan ainakin jakokeskuksen pääkaavio ja tasopiirustus sekä maadoitusaavio. Lisäksi yleensä on hyvä esittää jakokeskuksen kytkennät piirikaaviossa. Asennuksissa on oltava selvästi näkyvillä tarpeelliset varoituskilvet sekä muut merkinnot. Merkintöjen paikkansapitävyys sekä suojalaitteiden yksilöinti- ja nimellisarvot on tarkastettava. [9, s. 336.] Lisäksi piirustusten tarkastamisessa on huomioitava niiden ajantasaisuus sekä niiden olemassaolo, jotta käyttö, hoito ja huolto voidaan helposti toteuttaa.

## Virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus

Virtapiirien, varokkeiden, kytkimien ja liittimien merkinnät sekä tunnistettavuus on varmistettava. Lisäksi kohteesta on löydyttävä riittävät merkinnät, joilla voidaan taata sähkölaitteiston turvallinen ja virheetön käyttö. [9, s. 336.]

## Johtimien liitosten sopivuus

Johtimien liitoksia tehdessä tulee varmistaa liitoksien sopivuus eri materiaaleille. Lisäksi on huomioitava liitoksien sekä rasioiden sijoittaminen sellaiseen paikkaan, jotta niitä päästään tarkastamaan, testaamaan sekä huoltamaan. [9, s. 336–337.]

Johtimien liitosten sopivuus on helpointa tarkastaa niitä tehdessä. Kun esimerkiksi asennetaan alumiinikaapeliin kaapelikenkää, tulee sen käydä alumiinikaapeleille ja sen asentamisessa on huomioitava liitosta koskevat erikoisohjeet.

Suojajohtimien, mukaan luettuna pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimien olemassa olo ja sopivuus

Suojajohtimien tarkastaminen suoritetaan suojajohtimien poikkipintojen sekä olemassaolon varmistamisella, sekä merkintöjen ja liitosten luoksepäästävyyden tarkastamisella. [9, s.337.] Lisäksi asennettaessa sellaisia sähkölaitteita, joissa ei tarvita suojajohtinta, mutta niiden tilalle voidaan asentaa tulevaisuudessa suojajohtimen vaativa sähkölaite, tulee suojajohtimen olemassaolo varmistaa.

Sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila

Sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatiman tilan tarkastaminen tulee suorittaa niitä asennettaessa. Lisäksi on huomioitava erikoistilojen asettamat lisävaatimukset. [9, s. 337.] Jos myöhemmässä vaiheessa havaitaan tilan olevan riittämätön, on asiaa vaikea korjata. Lisäksi liitoksia ja rasioita asennettaessa tulisi tarkastaa niiden sijoitus, jotta niiden luokse pääsy ei estyisi ja liitokset voitaisiin tarkastaa ja huoltaa tulevaisuudessa.

#### 5.4 Testaus

Käyttöönottotarkastuksia täydennetään aistinvaraisten tarkastuksien lisäksi erilaisilla mittauksilla ja toimintatesteillä. Osa mittauksista voidaan korvata laskelmilla, mutta näissäkin tapauksissa olisi hyvä osoittaa laskelmat oikeiksi pistokoeluontoisin mittauksin. Suojajohtimen jatkuvuus, eristysresistanssi, silmukkaimpedanssi, oikosulkuvirta ja kiertosuunta sekä vikavirtasuojan laukaisu- ja toiminta-aika ovat käyttöönottovaiheessa suoritettavia mittauksia. Lisäksi suoritetaan sähkölaitteiden toiminnallisia kokeita. Mittauksien tekemiseen edellytetään käytettävän EN-61557 -standardisarjan mittaus- ja tarkastuslaitteiden menetelmiä. On myös mahdollista käyttää muita menetelmiä, mutta niiden ominaisuuksien ja turvallisuustason tulee olla yhtenevät. Mittaukset ja toteamukset laitteiston määräystenmukaisuudesta tehdään keskuskohtaisesti. [12, s. 17.]

Jännitteettömänä suoritettavat mittaukset

Sähkölaitteistoon kohdistetaan mittauksia ennen jännitteen ensikytkentää, joilla varmistetaan sähkölaitteiston olevan turvallisessa kunnossa. Tästä johtuen osa mittauksista

suoritetaan jännitteettömänä. Näitä mittauksia ovat suojajohtimen jatkuvuusmittaukset, eristysresistanssimittaukset, SELV-, PELV-piirien tai suojaerotettujen piirien erotusmittaukset. Lattia- ja seinäpintojen resistanssimittaukset sekä maadoituselektrodin resistanssin mittaukset ovat myös jännitteettömään sähkölaiteistoon kohdistuvia mittauksia, mutta niitä vaaditaan harvemmin suoritettavaksi. Kuitenkin edellä mainitut mittaukset tulee suorittaa kattavasti eikä ns. pistokoeluotoisesti. [12, s. 18.]

#### 5.4.1 Eristysresistanssimittaus

Eristysresistanssin mittaaminen on yleensä tarkoitettu tehtäväksi suojajohtimen jatkuvuusmittauksien jälkeen, mutta kokemusperäisesti on havaittu, että asuntotuotantokoh-teissa erityisresistanssimittauksen suorittaminen ensimmäisenä mittauksena on vähentänyt uudelleenmittaustarvetta. Tämä johtuu siitä, että jos asennusten eristyksissä havaitaan vikoja, täytyy niitä koskevien suojajohtimien jatkuvuus mitata uudelleen korjauksen jälkeen.

Eristysresistanssimittauksia silmälläpitäen tulisi jo urakan saamisen jälkeen tarkastaa suunnitelmista, että kaikki keskuksien pääkytkimet on toteutettu nelinapaisina, kaikki äärijohtimet erottavina kytkiminä. Näin välttyään tarpeettomilta kytkentöjen purkamisilta, koska ennen eristysresistanssimittausta tulee nolla- ja PE-johtimet erottaa toisistaan. Nelinapaiset katkaisijat mahdollistavat myös mittauksen suorittamisen osissa esimerkiksi keskusalueittain, ilman kytkentöjen purkamista.

Mittauksen ajaksi voidaan nolla- ja vaihejohtimet yhdistää, jolloin voidaan koko asennuksien mittaaminen suorittaa yhdellä mittauksella. Lisäksi näin voidaan välttyä herkästi hajoavien laitteiden rikkoutumiselta. Yleensä herkästi hajoavat laitteet tulisi erottaa sähkölaiteistosta. Esimerkiksi valaisinvalmistajilla saattaa olla erityisiä ohjeita valaisimien eristysresistanssimittaukseen. Jos se ei ole kohtuudella mahdollista, voidaan myös käyttää pienempää mittaajajännitettä. Eristysresistanssi tulee silti täyttää korkeamman mittaajajännitteen vaaditut mittaustarvot. Ne on esitetty taulukossa 3. Tällaiset erikoiset mittaajajärjestelyt tulee kirjata mittauspöytäkirjaan. Laitteiden vikaantumista ei kokonaan voida estää äärijohtimien yhdistämisellä. Jos asennuksissa on virhekytkentä, voivat laitteet kuitenkin vikaantua. [12, s. 23.]

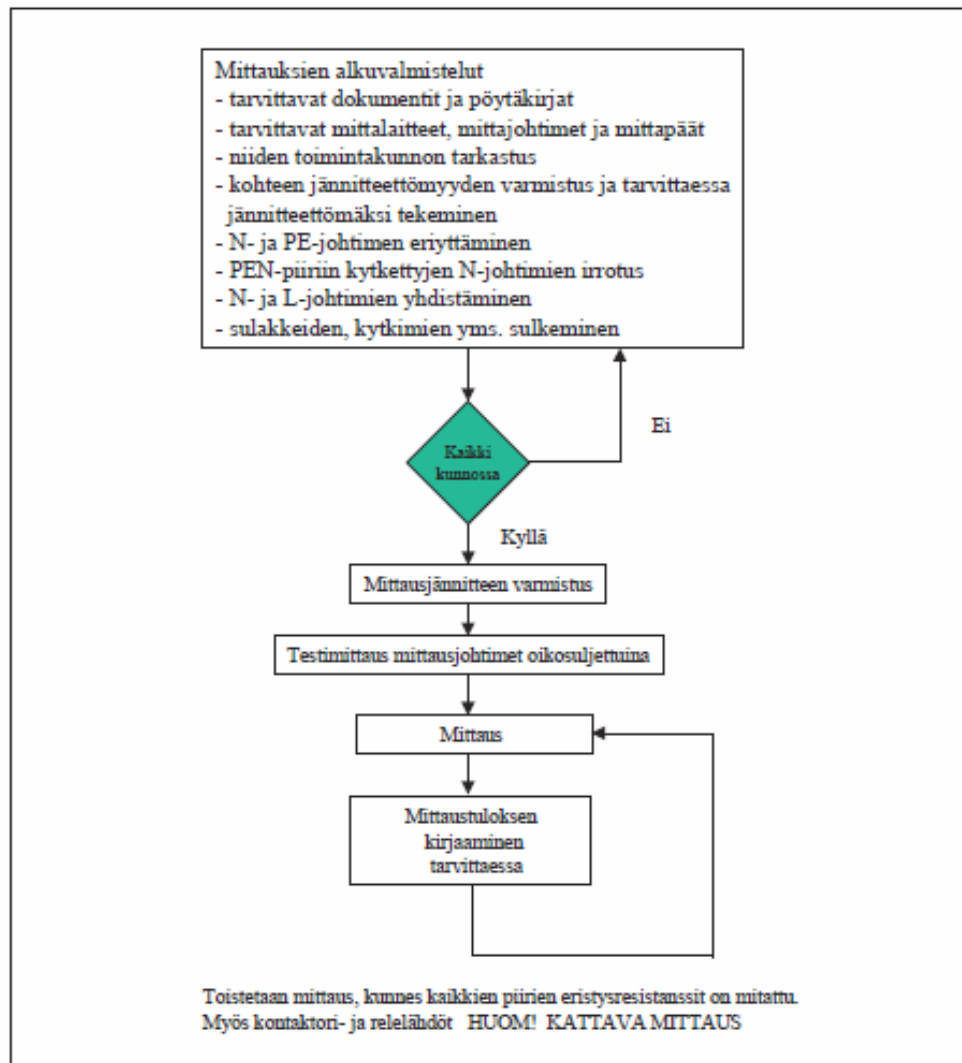
Taulukko 3. Pienimmät sallitut eristysresistanssit

| Virtapiirin nimellisjännite V | Koejännite (tasajännite) V | Eristysresistanssi MΩ |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| SELV ja PELV                  | 250 V                      | > 0,5 MΩ              |
| Enintään 500 V,               | 500 V                      | > 1,0 MΩ              |
| Yli 500 V                     | 1000V                      | > 1,0 MΩ              |

Sähköenergian mittauksen ja tariffinohjauslaitteiden nollajohdin saattaa olla kytketty suoraan PEN-johtimeen, jolloin se tulee irrottaa mittausten ajaksi. Jos nollajohdinta ei irroteta, voi olla, että sähkömittarin kautta muodostuu johtava yhteys maapotentiaaliin. Tällöin ei päästä standardin vaatimiin eristysresistanssiarvoihin. [12, s. 23.]

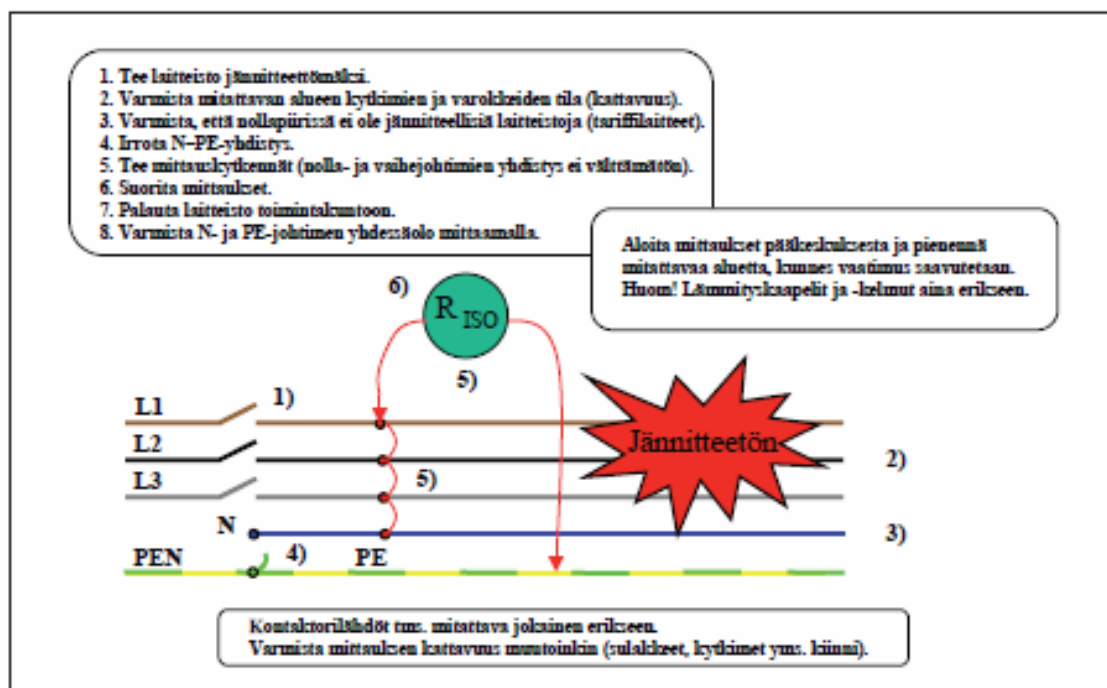
Mittauksien alkuvalmisteluja tehdessä on laitettava sulakkeiden, johdonsuojakatkaisijoiden, vikavirtasuojien ohjaus- ja käyttökytkimet kiinni-asentoon. Lisäksi on huomioitava sellaiset lähdöt, joissa ohjataan kontaktoria. Ne tulee painaa mekaanisesti kiinni tai mitata erikseen. Ennen varsinaisten mittausten aloittamista tulisi mittari ja mittajohdot tarkastaa yhdistämällä mittajohdot ja mittaamalla. Tällöin niiden eheys varmistuu. Mittajohtojen ollessa poikki mittaustulokset näyttäivät erinomaisilta. [12, s. 23.]

Mikäli suoritettaessa mittausta koko sähkölaitteistoon saatu tulos jää alle vaadittujen arvojen, tulee mittaus suorittaa pienemmissä osissa. Yleensä kysymykseen tulee mittausten suorittaminen keskusalueittain. Näin vikojen poistaminen on huomattavasti helpompaa. Kun vika havaitaan, tulee sen syyt selvittää ja poistaa se sähkölaitteistosta. Vika on poistettava kuitenkin ennen kohteen luovuttamista varsinaiseen käyttöön. Kuvassa 18 on esitetty eristysresistanssin mittauksen periaatteet ja edelleen kuvassa 19 on esitetty TNS-järjestelmän eristysresistanssin mittauskyskentä. [12, s. 24.]



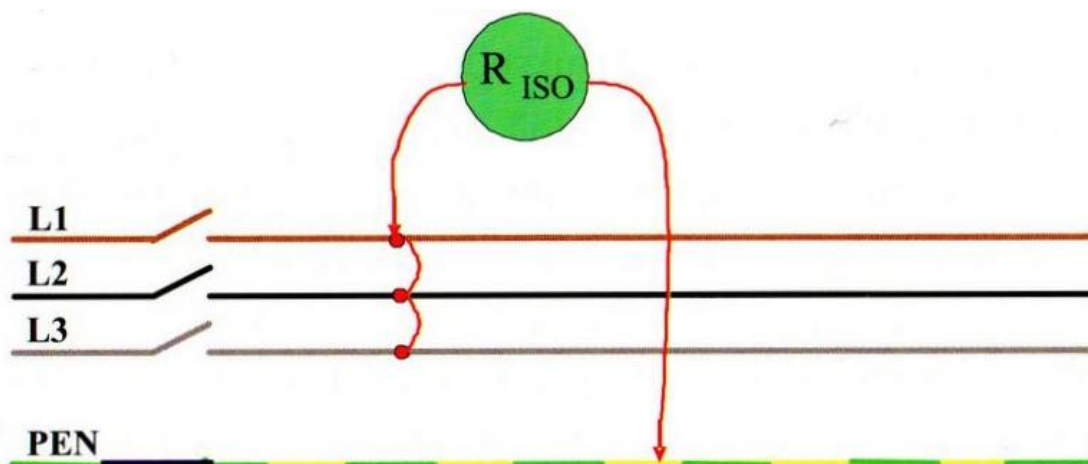
Kuva 18. Eristysresistanssin mittaus [12, s. 25].





Kuva 19. Eristysresistanssin mittauskytkentä [12, s. 25].

Asuinkerrostalon eristysresistanssimittaus tulisi aloittaa taloon tulevan liittymiskaapelin mittaamisella. Tämä tulisi suorittaa, kun kaapeli on vedetty ja kytketty kohteeseen. Muutoin mittauksen suorittaminen jälkikäteen on työlästä. Tämän mittauksen suorittajana toimisi kaapelin asentaja, jolloin mittaus saadaan suoritettua heti eikä erillistä mitauskäyntiä tarvita. Yleensä asuinkerrostalojen liittämiseen jakeluverkkoon on käytetty TN-C-jakelujärjestelmää, jolloin eristysresistanssimittaus on suoritettava vaihe-johdintet yhdistettynä mittaamalla PEN-johdinta vasten. Eristysresistanssimittauskytkentä on seuraavan kuvan 20 mukainen.



Kuva 20. Mittaus TN-C-järjestelmässä [9, s. 340].

Asuinkerrostalon eristysresistanssimittauksia tulisi jatkaa osissa töiden edetessä. Näin saadaan koko verkko mitattua ja mahdolliset viat poistettua aikaisemmassa työvaiheessa. Eristysresistanssimittaukset voidaan ositella keskuskohtaisesti. Esimerkiksi, kun asuntojen nousukaapelit on vedetty sekä monimittarikeskukset on kytketty, voidaan niiden eristysresistanssi mitata. Näin varmistetaan kaapelointien eheys asuntoihin saakka. Eristysresistanssimittauksia jatketaan, kunnes asunnot on kaapeloitu ja asuntojen ryhmäkeskukset on kytketty, tällöin saadaan varmistettua asuntojen asennusten eheys. Asuntojen eristysresistanssimittaus tulisi ajoittaa niin, että asuntojen sähkökojeiden kalustukset olisi tehty eikä keskuksiin lisätä uusia kaapeleita, Näin selvittäisiin yhdellä mittauksella. Vaikka mittaus suoritettaisiin asennusten ollessa kesken, saadaan sillä varmistettua mittausajankohdan asennusten eristysresistanssi, joka taas antaa arvokasta tietoa asennusten kunnosta. Esimerkiksi jos asennusten eristysresistanssi olisi määräykset täyttävä mittaushetkellä, mutta myöhemmässä vaiheessa suoritettava mittaus taas osoittaisi asennusten eristysresistanssin laskeneen alle vaatimusten, voitaisiin vikapaikan etsiminen kohdentaa niihin rakennustöihin, jotka ovat tapahtuneet ensimmäisen ja toisen mittauksen välissä, esimerkiksi listoitustyö tai alakaton asennus yms.

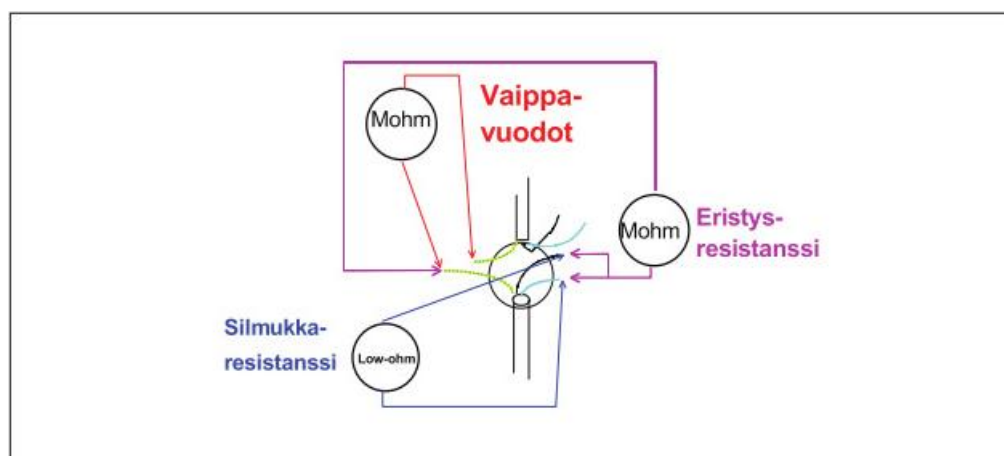
Eristysresistanssimittauksen suorittaminen onnistuisi parhaiten keskusten kytkemisen yhteydessä, jolloin asentajan tulee muutenkin testata nolla- ja maadoitusjohtojen erilläänolo. Tämän mittauksen tekeminen kuuluu sähköistysalan työehtosopimuksen asuntotuotantohinnoittelun mukaiseen asuntotyöhintaan. Tällöin voitaisiin asentajan kanssa

sopia mittauksen suorittamisesta eristysresistanssimittarilla sekä mittauksen suorittamisesta kaikkien äärijohtimien ja maan väliltä. Toinen vaihtoehto mittauksen suorittamiselle on asentajan ilmoitus mittausvalmiudesta, jonka jälkeen varsinainen mittaja tulee suorittamaan mittauksen. [13, s. 82.]

### Sähkölämmityskaapelien ja -kelmujen mittaukset

Lämmityskaapelille ja -kelmuille on suoritettava mittauksia asennusvaiheen aikana. Niistä tulee mitata silmukkaresistanssi sekä eristysresistanssi. Nämä mittaukset tulee suorittaa ennen sähkölaitteen peittämistä rakennusmateriaalilla tai pikaisesti sen jälkeen. [12, s. 28.]

Silmukkaresistanssi mitataan nolla- ja vaihejohtimien väliltä, ja eristysresistanssi mitataan vaihe- ja suojajohtimen väliltä sekä nolla- ja suojajohtimen väliltä. Lisäksi olisi suositeltavaa mitata eristysresistanssi vaippavuotoja silmälläpitäen lämmityskaapelin suojajohtimen ja johtavan kiinnitysalustan sekä syöttöjohdon suojajohtimen väliltä. Aikaisemmin esitetystä kuvassa 21 on esitetty mittauskytkennät. Mittauspöytäkirjaan merkitään mittaustulokset ja tämän lisäksi kaapelien tai kelmujen arvokilpien tiedot. [12, s. 29.]



Kuva 21. Lattialämmityskaapelin eristysresistanssi- ja johdinresistanssimittaus [9, s. 342].

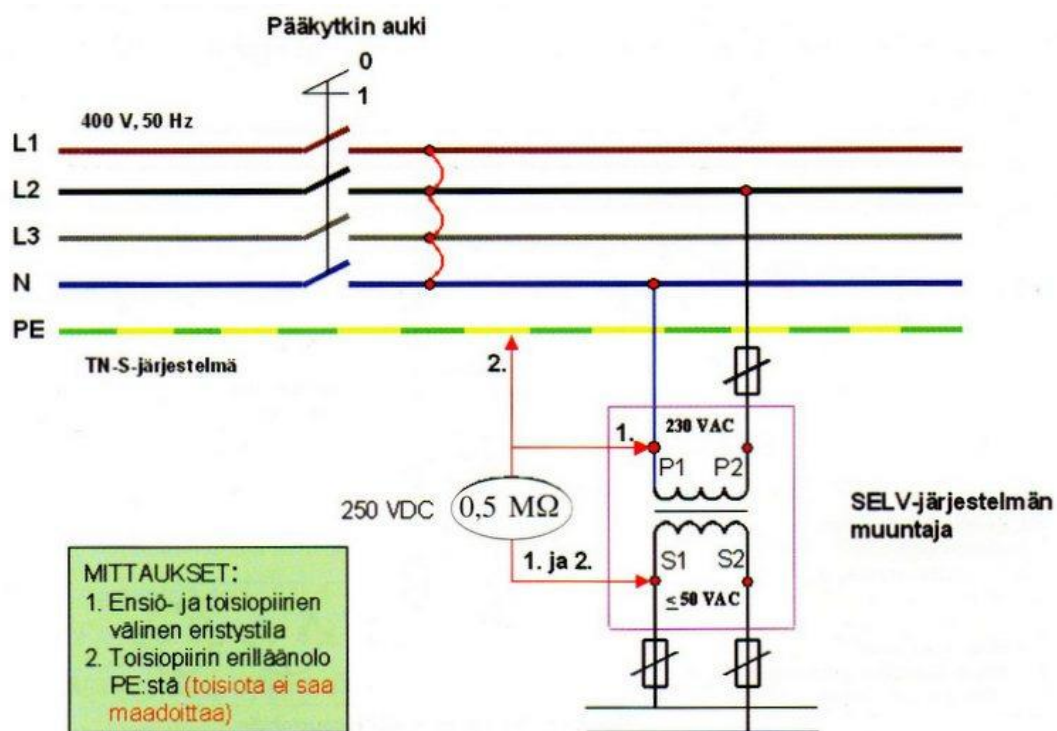
Lattialämmityskaapeleiden osalta on havaittu, että olisi hyvä mitata kaapeleiden silmukkaresistanssi sekä eristysresistanssi vielä kolmannen kerran ennen lattioiden pin-

noittamista. Tämä tarve johtuu siitä, että betonista valettuihin lattioihin suoritetaan kosteusmittauksia, jotka edellyttävät näytteenottoa varten porattavia reikiä. Vaikka reikien poraukset on huomioitu lämmityskaapeleita levitettäessä, voi silti lämmityskaapeli siirtyä lattiaa valettaessa. Lattialämmityskaapelin vikapaikka on työlästä selvittää, jos pintamateriaalit on asennettu, jolloin mahdollisia porattuja reikiä ei näe. Ja tästä johtuen tavallisilla mittalaitteilla ei voida havaita vikapaikkaa tarkasti, jolloin vian selvittäminen siirtyy erikoisammattilaisille ja näistä koituu lisäkustannuksia. Lisäksi lattialämmityskaapeleiden levittämisen jälkeen olisi hyvä kuvata kaapelien sijainti. Koska nykyään lähes jokaisessa puhelimessa on kamera, jolloin kuvaaminen on yksinkertaista. Kuvista on helpompaa selvittää lämmityskaapeleiden sijainti ja mahdolliset vikapaikat.

Lattialämmityskaapeleiden sekä kattolämmityskelmujen mittaukset on helpointa suorittaa niitä asentaneen asentajan toimesta. Sähköistysalan työehtosopimuksen asuntotuotantohinnoittelussa on myös huomioitu näiden mittausten suorittaminen, jolloin erillisiä mittauskäyntejä ei tarvittaisi.

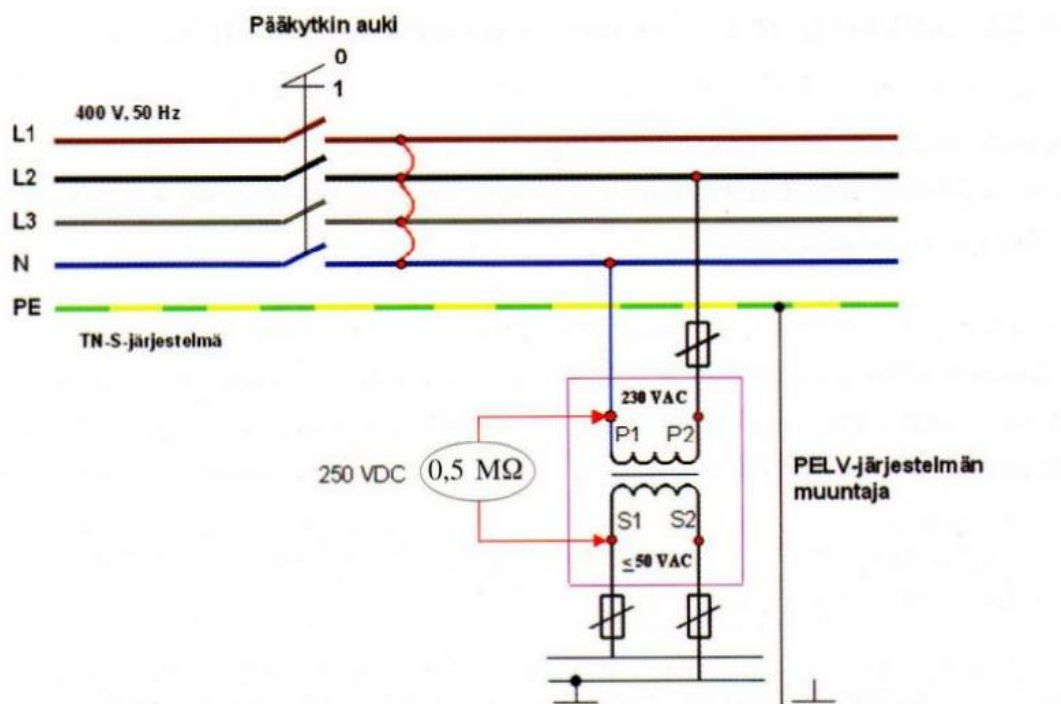
#### SELV- ja PELV-järjestelmä

SELV-järjestelmässä käytetään pienoisjännitettä ( $U \leq 50 \text{ V AC tai } \leq 120 \text{ V DC}$ ). Jos pienoisjännite tuotetaan sähköverkosta, tulee muuntajien täyttää suojaerotusmuuntajien vaatimukset. Käyttöönottomittauksissa tulee varmistaa muuntajien ensiö- ja toisiopuolen erillään oleminen, sekä toisiopuolen ja suojamaadoituksen erillään oleminen. Mittauskytkentä on esitetty kuvassa 22 ja vaaditut arvot taulukossa 3. [12, s. 26.]



Kuva 22. SELV-virtapiirien eristysresistanssin mittauskytkentä [9, s. 343].

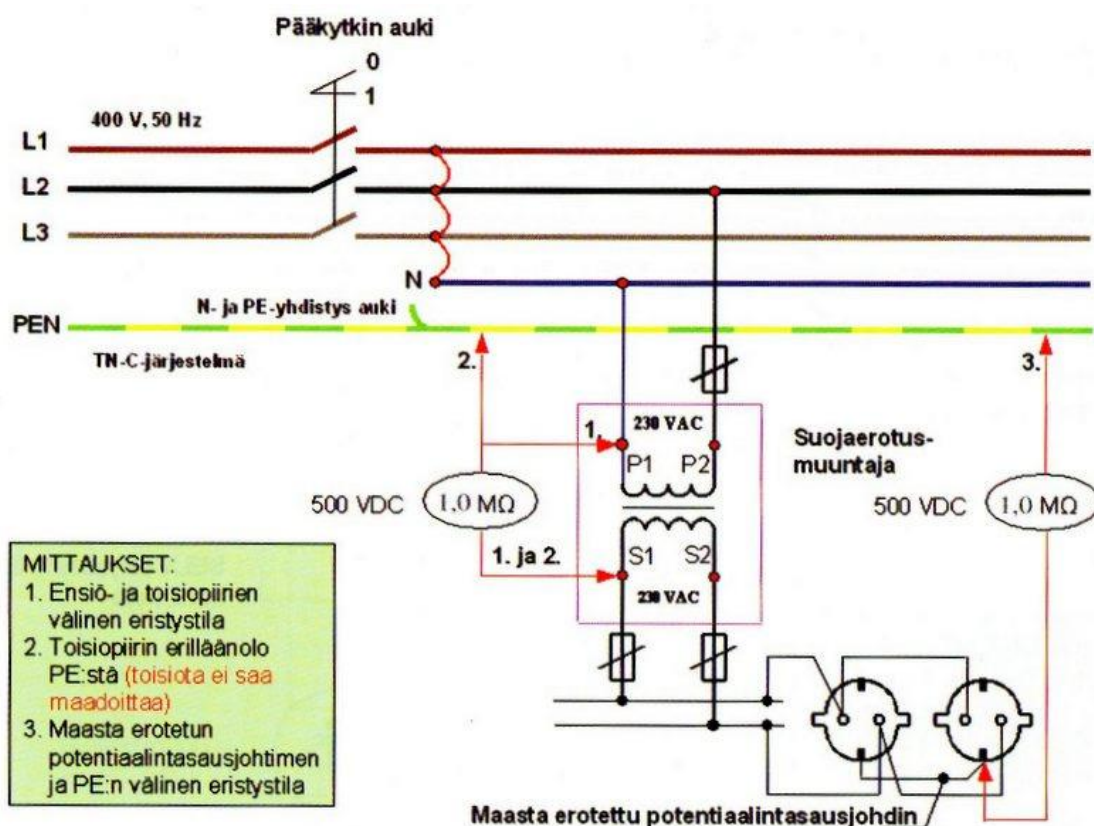
PELV-järjestelmässä käytetään samaa pienoisjännitettä kuin SELV-järjestelmissä, mutta toisiopuolen toinen napa tai kosketeltavat johtavat osat voivat olla yhdistetty suojamaadoitukseen. Käyttönottomittauksissa tulee varmistaa vain muuntajien ensiö- ja toisiopuolen erillään oleminen. Mittauskytkentä on esitetty kuvassa 23 ja vaaditut arvot taulukossa 3. [12, s. 26.]



Kuva 23. PELV-virtapiirien eristysresistanssin mittauskytkentä [9, s. 343].

### Suojaerotus

Suojaerotettujen virtapiirien suojauksessa käytetään ensiö- ja toisiopuolen galvaanista erotusta, jännitteen ollessa yleensä sama 230 V AC. Käyttöönottomittauksessa tulee varmistaa ensiö- ja toisiopuolen erillään oleminen sekä ensiöpuolen ja maasta erotetun suojamaadoituksen erossa oleminen. Mittauskytkentä on esitetty kuvassa 25 ja vaaditut arvot taulukossa 3. [12, s. 28.]



Kuva 24. Sähköisesti erotettujen virtapiirien mittauskytkentä [9, s. 344].

### Sähköinen erotus

Sähköisen erotuksen erona suojaerotukseen on se, että muuntajan rakenteessa voidaan käyttää yksinkertaista eristystä ensio- ja toisiopuolen välissä, toisin kuin suojaerotuksessa, jonka tulee olla kaksoiseristetty tai lisäeristetty. Käyttöönottomittaukset tulee kuitenkin suorittaa samalla tavalla. Jos sähköisesti erotettuja piirejä käytetään useammalle laitteelle, tulee automaattinen poiskytkentä varmistaa laskemalla tai mittaamalla. Jos samanaikaisesti sattuu kaksi oikosulkua eri äärijohtimien ja suojaavien potentiaalintasausjohtimien tai siihen liitettyjen jännitteelle alttiiden osien välillä, vähintään toisen piirin on kytkeydyttävä pois. Poiskytkentäajan on täytettävä TN-järjestelmiltä vaaditun syötön automaattisen poiskytkentäajat. [12, s. 28.]

#### 5.4.2 Lattia- ja seinäpintojen eristysresistanssi

Yleensä eristävää ympäristöä ei käytetä suojausmenetelmänä, joten mittauksia tehdään vain erikoistapauksissa. Eristysresistanssimittauksen vaatimuksena on se, että se suoritetaan kolmesta pisteestä. Yhden mittapisteen tulee olla noin metriin päässä tilassa olevasta muusta kosketeltavissa olevasta johtavasta osasta. Loput kaksi mittausta suoritetaan kauempaa. Eristävien lattioiden ja seinien resistanssimittaukset on suoritettava järjestelmän nimellisjännitteellä sekä taajuudella. [6. s. 8–9.] Lisäksi on huomioitava tilanteet, joissa asennetaan takaa avoin jakokeskus johtavalle tai puolijohtavalle seinälle. Tällöin voidaan joutua mittaamaan seinän sekä lattia eristysresistanssi, ja tekemään tarvittavia lisätoimenpiteitä riittävän suojauksen aikaan saamiseksi. [9, s. 331.]

#### 5.4.3 Suojajohtimen jatkuvuusmittaus

Suojajohtimella tarkoitetaan maadoitusjohtimia, suojamaadoitusjohtimia, PEN-johtimia ja potentiaalintasausjohtimia. Suojajohtimien jatkuvuusmittaus tulee tehdä kattavasti, joten suojajohtimien jatkuvuus on varmistettava esimerkiksi kaikista pistorasiaketjutuksistaakin. [12, s. 18.]

Suojajohtimien jatkuvuusmittauksia varten ei yleensä tarvitse irrottaa suojajohtimia, mutta TN-S-järjestelmissä nolla- ja suojamaadoitusjohtimen yhdistys on irrotettava. Jos nolla- ja suojamaadoituksen yhdistyksen irrotusta ei tehdä, niin ei voida varmistua siitä kumpaa johdinta mitataan. Edelleen ei voida todeta kytkentävirheitä, joissa nolla- ja suojamaadoitusjohtimet ovat menneet kytkennöissä sekaisin. [12, s. 18.]

Käyttämällä keskuksissa nelinapaisia pääkytkimiä voidaan mittaukset helpommin jakaa osiin keskusalueittain. Jos osa alueista pitää saada aikaisemmin käyttöön, esimerkiksi pääkeskus, voidaan mitata vain pääkeskuksen jatkuvuusmittaukset. Mittauksia voidaan jatkaa keskusalueittain muiden asennusten valmistuttua.

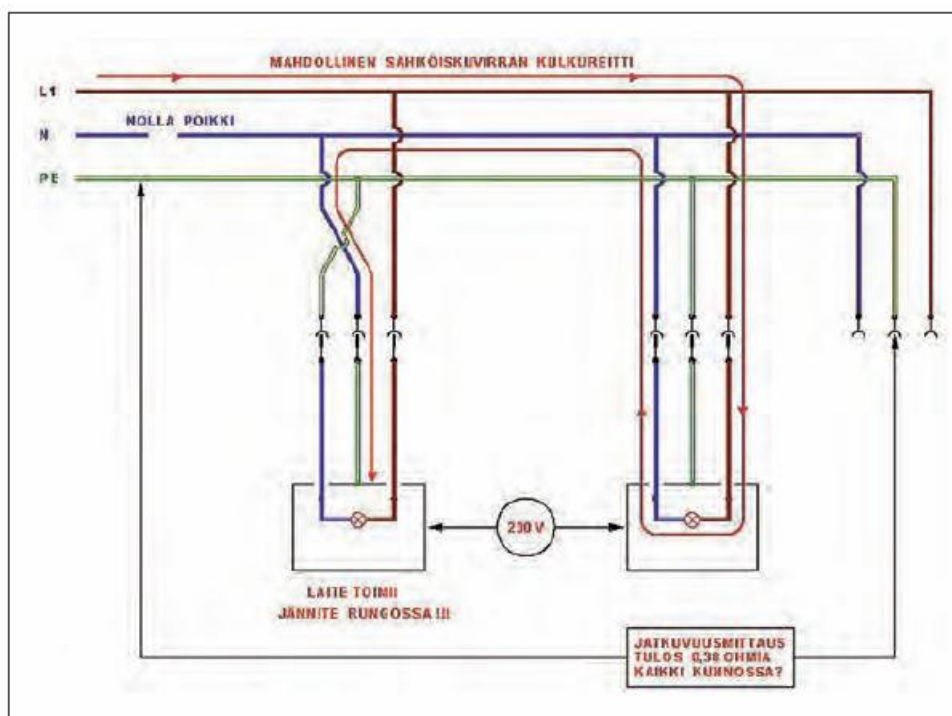
Jatkuvuusmittauksissa yleisimmin mitataan kuparijohtimien resistanssia, ja tästä johtuen mittaustulokset ovat pieniä 0–2  $\Omega$  [12, s. 18]. Jotta varmistetaan varmuudella johtimien jatkuvuuden kunnossa oleminen, olisi hyvä laskea joitain suojajohtimien resistansseja ja verrata niitä mitattuihin arvoihin. Jos poikkeamaan on paljon, tulee syyt selvittää. Taulukossa 4 on esitetty suojajohtimien resistanssiarvoja.



Taulukko 4. Kupari- ja alumiinijohtimien resistanssiarvoja [12, s.19].

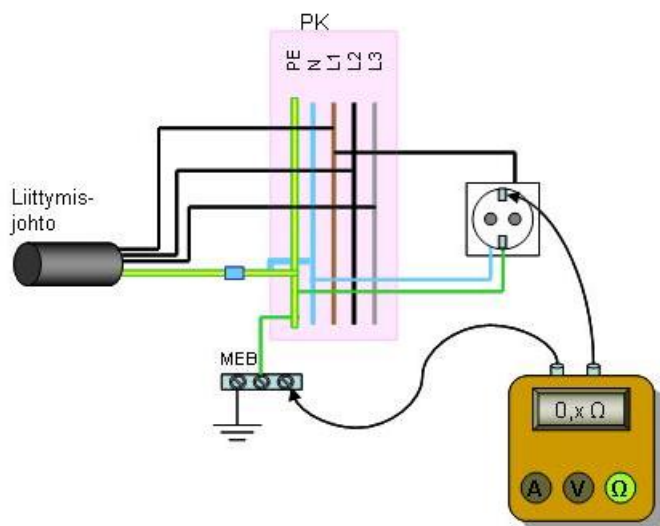
| Johdin-<br>poikki-<br>pinta-ala<br>mm <sup>2</sup> | Kuparijohdin                            |   | Alumiinijohdin                          |   |
|--|---|---|---|---|
|  | Resistanssi<br>metriä kohti<br>$\Omega$ | Resistanssi<br>100 metriä<br>kohti / $\Omega$ | Resistanssi<br>metriä kohti<br>$\Omega$ | Resistanssi<br>100 metriä<br>kohti / $\Omega$ |
| 1,5  | 0,0115                                  | 1,15  | –                                       | –   |
| 2,5  | 0,0069                                  | 0,69  | –                                       | –   |
| 4  | 0,0043                                  | 0,43  | –                                       | –   |
| 6  | 0,0029                                  | 0,29  | –                                       | –   |
| 10   | 0,0017                                  | 0,17  | –                                       | –   |
| 16   | 0,0011                                  | 0,11  | 0,0018                                  | 0,18  |
| 21   | 0,0008                                  | 0,08  | –                                       | –   |
| 25   | 0,0007                                  | 0,07  | 0,0011                                  | 0,11  |
| 35   | 0,0005                                  | 0,05  | 0,0008                                  | 0,08  |
| 41   | 0,0004                                  | 0,04  | –                                       | –   |
| 50   | 0,00035                                 | 0,035   | 0,0006                                  | 0,06  |
| 57   | 0,0003                                  | 0,03  | –                                       | –   |
| 70   | 0,00025                                 | 0,025   | 0,0004                                  | 0,04  |
| 95   | –                                       | –   | 0,0003                                  | 0,03  |
| 120  | –                                       | –   | 0,00024                                 | 0,024   |
| 150  | –                                       | –   | 0,00019                                 | 0,019   |
| 185  | –                                       | –   | 0,00015                                 | 0,015   |

Suojajohtimien jatkuvuusmittauksissa tulee huomioida mittausten kattavuus. Sellaiset kohteet, joissa ei ole määritelty mitään määraaikaistarkastuksen aikaväliä, tekevät mittausten kattavuuden varmistamisesta vieläkin tärkeämmän. Tästä johtuen mahdolliset viat saattavat jäädä pitkiksi ajoiksi huomaamattomiksi. Jonkun laitteen vikaantuessa saattaa vika tulla esiin ja aiheuttaa vaaratilanteen. Kuvassa 26 on esitetty mahdollinen vaaratilanne, jos suojajohtimien kattavaa mittausta ei ole suoritettu jokaisesta pisto-rasiasta.



Kuva 25. Virhekytkennän aiheuttama vaaratilanne [12, s.19].

Mittalaitestandardin mukaisessa mittauksessa käytetään kuormittamatonta jännitettä, joka on suuruudeltaan 4–24 V tasa- tai vaihtojännitettä minimimittausvirran ollessa 0,2 A. Mittaus aloitetaan erottamalla nolla- ja suojajohdinpiirit toisistaan, jonka jälkeen mitataan laitteiston pääpotentiaalintasauskiskosta ja siirrytään keskuskohtaiseen mittaamiseen. Kuvassa 26 on esitetty esimerkki suojajohtimen jatkuvuusmittauksesta. Pitkien apujohtojen käyttöä voidaan välttää käyttämällä apuna asennuksissa olevaa toista suojajohdinta. Jos myöhemmässä vaiheessa suoritetaan eristysvaihemittauksia ja havaitaan TN-S-järjestelmässä nolla- ja suojajohtimen olevan yhdessä, on mittaus suoritettava tarvittavassa laajuudessa uudestaan. Yksittäisten mittaustulosten kirjaamista käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan ei vaadita, mutta käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan on merkittävä suojajohtimien jatkuvuusvaatimusten täyttyminen keskusalueittain. [9, s. 338–339.]



Kuva 26. Suojajohtimen jatkuvuusmittaus [10].

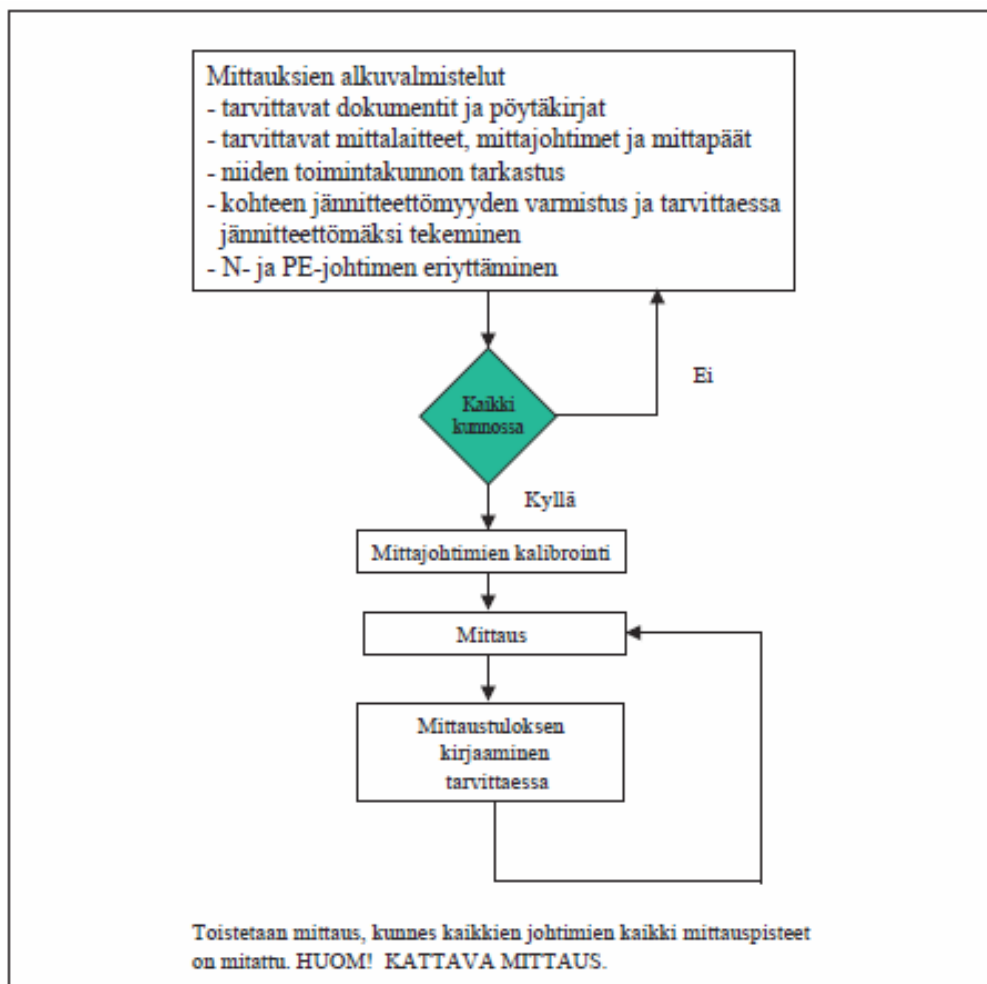
Mittauksia aloitettaessa on huomioitava mittajohtimien resistanssi. Mittarista riippuen se voidaan joko kompensoida mittarissa tai vähentää mittaustuloksesta. Kuitenkin ensimmäinen mittaus olisi hyvä suorittaa mittaushohtimien päät yhdistettynä. Näin varmistetaan mittaushohtimien aiheuttamasta resistanssista ja voidaan huomioida se tulevissa mittauksissa. [12, s. 20.]

Mittauksissa on kiinnitettävä huomiota mittaushohtimien liitoksiin, jotta ylimenovastukset eivät vaikuttaisi mittaustulokseen. Mittapäitä tulisi olla laaja valikoima, jotta saataisiin luotettava liitos erilaisiin kohteisiin. Mittapäätä vaihdettaessa kesken mittausten tulisi mittajohtojen resistanssi mitata uudelleen tai kompensoida. [12, s. 20.]

Mittaustulosten kirjaaminen keskuskohtaisesti olisi suositeltavaa. Keskusalueelta tulisi kirjata ainakin suurin resistanssiarvo. Mittauspisteet tulisi merkitä sellaisella tarkkuudella, että mittaus voidaan toistaa kyseistä pisteestä. Tällöin ei tarvitse mitata jatkuvuusmittauksia uudelleen koko keskusalueella. [12, s. 21.]

Jatkuvuusmittauksia suunnitellessa olisi hyvä toimintatapa suunnitella tallennettavat mittauspisteet erilliselle kohteen sähköpohjapiirustukselle. Näin helpotetaan ja selkeytetään mittaushjärjestelyjä. Toinen menettelytapa on tallentaa kaikki mittaustulokset. Käytettävissä olevan mittaushlaitteen muistikapasiteetti voi kuitenkin rajoittaa mittauksien lukumäärää, sekä käsin kirjattavat mittaustulokset hidastavat mittausten kulkua. Suojajohtimien jatkuvuusmittauksia silmälläpitäen olisi hyvä myös tarkastaa laskemalla

suunnitelmista joidenkin tärkeimpien pisteiden johtimien resistanssi, jotta varmistutaan mittaustulosten oikeellisuudesta. Kuvassa 27 on esitetty suojajohtimen jatkuvuusmittauksen periaatelohkokaavio.



Kuva 27. Lohkokaavio suojajohtimen jatkuvuusmittaus [12, s. 20].

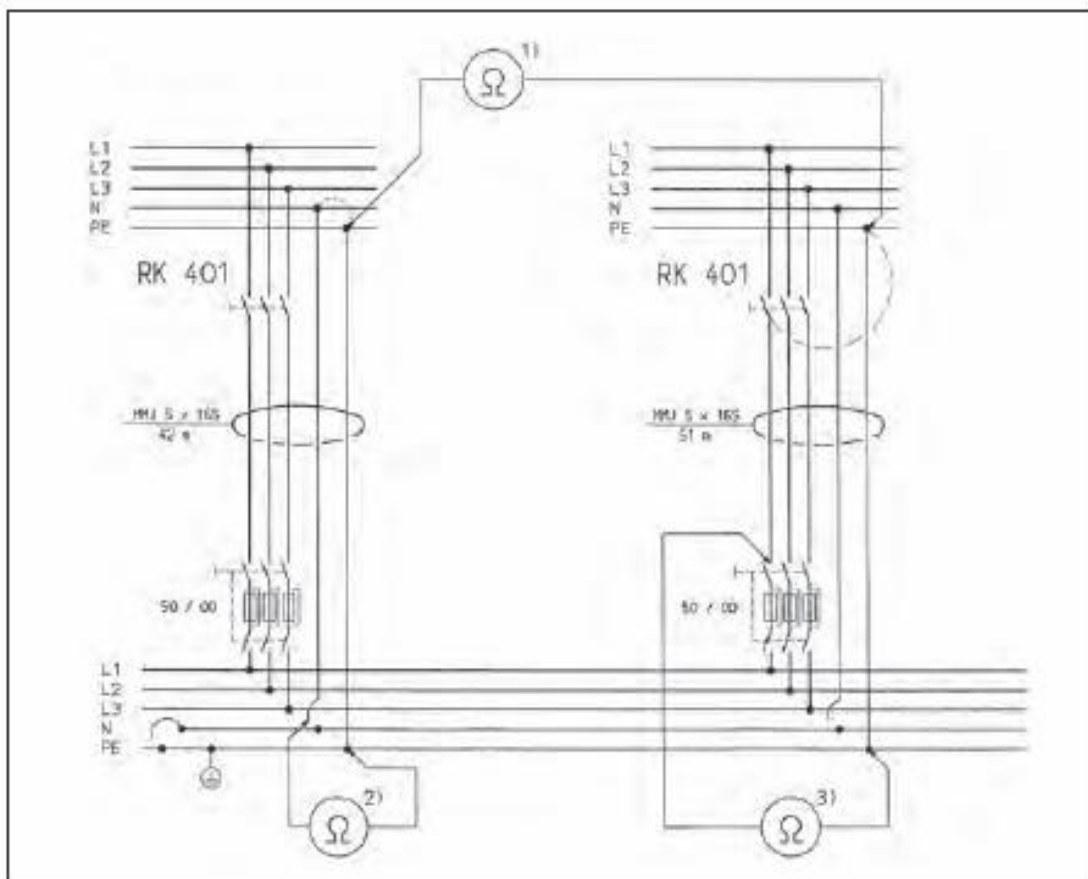
Mitattaessa suurilla johtopituuksilla voidaan olemassa olevia asennuksia käyttää mitta-apujohtimina. Jos käytettävät johtimet ovat samalla poikkipinnalla, voidaan mittaustulos jakaa kahdella. Jos johtimet eivät ole samaa poikkipintaa, joudutaan mittaamaan erisuurien johtimien resistanssit pareittain ja laskemaan niistä johtimien resistanssit. Tällä mittausjärjestelyllä voidaan johtimia joutua irrottamaan kytkennöistään. [12, s. 21.]

Yksittäisiä suojajohtimia mitattaessa joudutaan useasti käyttämään mitattavan johtimen mittaista apujohdinta. Lyhyillä suojajohdinpituuksilla tämä on varmasti helpoin tapa, mutta mitattaessa pitkällä johdinpituuksilla apuna voidaan käyttää jo mitattua referens-

sipistettä. Kuvassa 28 on esitetty vaihtoehtoisia suojajohtimien mittaustapoja. [12, s. 21.]

Suojajohtimien ollessa kytkettynä sähkölaitteen johtavaan koteloon tulisi mittaus suorittaa sähkölaitteen kytkentätyön yhteydessä, jotta vältetään turhilta kotelojen avaamisilta. Vaihtoehtoinen menetelmä voi olla mittaaminen sähkölaitteen johtavasta laiterungosta. Jälkimmäisen mittausmenetelmän hyöty on, että koteloida ei tarvitse avalla tarpeettomasti sekä sillä varmennetaan myös sähkölaitteen kosketeltavien johtavien osien suojajohtimen kunto. [12, s. 21.]

TN-S-järjestelmässä edellytettiin mittauksien onnistumiselle nolla- ja suojajohtimien irrottamista toisistaan. Tämä liitos on muistettava kytkeä takaisin, kun mittaukset on suoritettu eikä muita jännitteettöminä tehtäviä mittauksia suoriteta. Jos kytkentä unohdetaan tehdä ja kohteeseen kytketään jännite, voidaan aiheuttaa pahimmassa tapauksessa nollajohtimen ja jonkin vaihejohtimen välille yli 250 V:n jännite. Tästä johtuen voi sähkölaitteita rikkoutua. Jotta tällaiselta tapahtumalta välttyttäisiin, voidaan nolla- ja suojajohtimien yhdessäolo mitata ennen jännitteen kytkentää. [12, s. 21.]



Kuva 28. Vaihtoehtoisia suojajohtimen jatkuvuuden mittaustapoja [12, s. 21].

- 1. Käyttäen hyväksi kahden lähekkäin sijaitsevan jakokeskuksen nousujohtojen suojajohdinta.
- 2. Mittaus käyttäen hyväksi nousujohdon nollajohdinta. Edellyttää tilapäistä kytkentää eli nollajohtimen kytkentää väliaikaisesti PE-johtimeen nousukeskuksessa.
- 3. Mittaus käyttäen hyväksi yhtä nousujohdon vaihejohdinta. Edellyttää tilapäistä väljohdinta vaiheen ja PE-kiskon välille nousukeskuksessa.

[12, s. 21].

#### 5.4.4 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta

Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan varmistamiseen TN-järjestelmissä on yleisesti käytetty vikavirtapiirin impedanssin mittausta. Sen perusteella määritetään vikapaikan oikosulkuvirta, jota verrataan suojalaitteiden taulukkoarvoihin. Lisäksi vikavirtasuojakytkimien toiminta on testattava. [12, s. 30.]

Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen ei ole standardin mukaan pakollista, jos täytetään seuraavat ehdot: Suojajohtimien jatkuvuus on mittaamalla tarkastettu ja tämän lisäksi on käytettävissä laskelmat vikavirtapiirien impedansseista, sekä asennukset on toteutettu suunnitelmien mukaisilla poikkipinnoilla ja asennusreiteillä. Lisäksi olisi hyvä tarkastaa pistokoeluontoisesti vikavirtapiirin impedanssi ainakin pääkeskuksesta sekä verkon epäedullisimmista kohdista, esimerkiksi asuntojen kauimmaiselta pistorasialta. Tällä menettelyllä varmistetaan laskelmien paikkansapitävyys. [12, s. 30.]

##### Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen

Ennen kuin vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen aloitetaan, tulee suorittaa jännitteettöminä tehtävät tarkastukset kuten suojajohtimien jatkuvuus- sekä eristysresistanssimittaukset. Sen jälkeen tulee nolla- ja suojamaadoitusyhdistys kytkeä takaisin. Vikavirtapiirin impedanssimittausta ei tarvitse suorittaa kattavana mittauksena, vaan se voidaan suorittaa pistokoeluontoisesti. Tämä tarkoittaa pahimmillaan mittauksien kannalta sitä, että mittaukset joudutaan suorittamaan jokaista sulakekokoa ja -tyyppiä sekä johdintyyppiä ja -pinta-alaa kohden, jollei muutoin voida varmistua automaattisen poiskytkennän toteutumisesta. Kuitenkin näin laajoihin mittauksiin on harvoin tarvetta laajemmissakaan kohteissa. [12, s. 31.]

Lähtökohtana voidaan pitää mittausten suorittamista jokaisesta keskuksesta sekä keskusalueen epäedullisimmista pisteistä, jotka löytyvät pienimpien poikkipintojen ryhmien kauimmaisista pisteistä. Jos kauimmaisista pisteistä täytetään automaattiselle poiskytkennälle asetetut vaatimukset, täyttävät lähemmät pisteet ne varmasti. Lisäksi keskuksesta mitatuista arvoista voidaan myöhemmin laajennettaessa tai muutettaessa asennuksia päätellä, miten ne voidaan toteuttaa. [12, s. 31.]

Mitatun vikavirtapiirin impedanssin tulee täyttää standardin TN-järjestelmille asettamat poiskytkentäajat, sekä kaavan 1 ehto. Lisäksi mittauksissa tulee huomioida vikavirtapii-

rin lämpötilan noususta aiheutuva resistanssin nousu. Se on huomioitu niin, että vikavirtapiirin oikosulkuvirran tulee olla 1,25-kertainen verrattuna laskennalliseen arvoon, jolloin se tarkoittaa suojalaitteiden raja-arvojen nostamista kertoimella 1,25. Jos vaatimukset eivät täyty, tulee käyttää lisäpotentiaaalintasausta ja sen tehokkuus on tarkastettava. [12, s. 32; 6, s. 11.]

Vikavirtapiirin impedanssien ehto:

$$Z_s \times I_a \leq U_0 \quad (1)$$

$Z_s$  on vikapiirin impedanssi ohmeina ( $\Omega$ ), joka käsittää tehonlähteen, äärijohtimen vikapaikkaan saakka ja suojamaadoitusjohtimen vikapaikan ja tehonlähteen välillä

$I_a$  on virta ampeereina (A), jolla suojalaite toimii automaattisesti vaatimusten mukaisessa ajassa. Jos käytetään vikavirtasuojia,  $I_a$  on toimintavirta, jolla saadaan aikaan poiskytkentä vaatimusten mukaisessa ajassa. Vikavirtasuojia käytettäessä on huomioitava, että poiskytkentä aikojen toteutumiseksi edellytetään huomattavasti suurempia toimintavirtoja kuin vikavirtasuojan nimellinen toimintavirta. Sen tulee olla vähintään viisi kertaa vikavirtasuojan nimellinen toimintavirta.

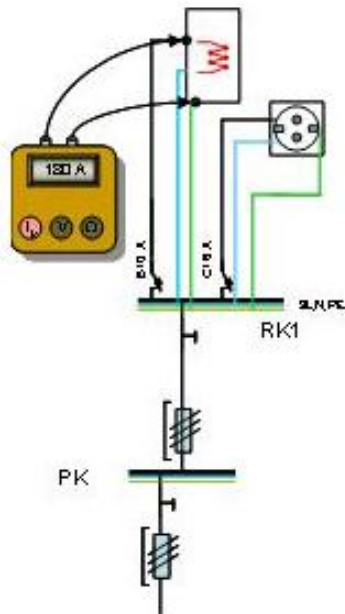
$U_0$  on nimellinen vaihto- tai tasajännite äärijohtimen ja maan välillä voltteina (V). [7, 411.4.4]

Suojalaitteille on standardissa määritetty toiminta-ajat, joita normaaleissa kiinteistöissä on kaksi: 0,4 s ja 5 s. Johdonsuojakatkaisijoita käytettäessä ei toiminta-ajoilla ole merkitystä, sillä suojalaitteen edellyttämät oikosulkuvirta-arvot ovat yhdenmukaiset molemmilla aika-arvoilla. Tulppa- ja kahvasulakkeilla lyhyemmän toiminta-ajan saavuttaminen edellyttää suurempaa oikosulkuvirtaa. [12, s. 32.]

Nopeaa 0,4 s:n toiminta-aikaa käytetään yleensä pääsääntöisesti. Jakokeskuksia syötävillä johdoilla sekä yli 32 A:n ryhmäjohdoilla voidaan käyttää 5 s:n laukaisuaikaa. [12, s. 32.]

Kuvassa 29 on esitetty vikavirtapiirin impedanssin mittauskysyntä. Taulukoista 5 ja 6, voidaan nähdä johdonsuojakatkaisijoiden ja gG-sulakkeiden pienimmät mahdolliset toiminta-arvot.





Kuva 29. Vikavirtapiirin impedanssin mittauskytkentä [11].

Taulukko 5. pienimmät sallitut toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille [9].

| Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille<br>ja vaaditut mitatut arvot |                                  |                               |                                  |                               |
|---|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Nimellis-<br>virta<br>A   | B-tyyppi,<br>0,4 s ja 5,0 s<br>A | Vaadittu mitattu<br>arvo<br>A | C-tyyppi, 0,4 s ja 5,0<br>s<br>A | Vaadittu mitattu<br>arvo<br>A |
| 6   | 30                               | 37,5                          | 60                               | 75                            |
| 10  | 50                               | 62,5                          | 100                              | 125                           |
| 16  | 80                               | 100                           | 160                              | 200                           |
| 20  | 100                              | 125                           | 200                              | 250                           |
| 25  | 125                              | 156,3                         | 250                              | 312,5                         |
| 32  | 160                              | 200                           | 320                              | 400                           |
| 50  | 250                              | 312,5                         | 500                              | 625                           |
| 63  | 315                              | 393,8                         | 630                              | 787,5                         |
| 80  | 400                              | 500                           | 800                              | 1000                          |
| 125   | 625                              | 781,3                         | 1250                             | 1562,5                        |

Taulukko 6. Pienimmät sallitut toimintavirrat gG-sulakkeille [9].

| Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja<br>vaaditut mitatut arvot |                         |                            |                         |                            |
|--|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Nimellisvirta<br>A   | gG-sulake<br>0,4 s<br>A | Vaadittu mitattu arvo<br>A | gG-sulake<br>5,0 s<br>A | Vaadittu mitattu arvo<br>A |
| 2  | 16                      | 20                         | 9                       | 11,3                       |
| 4  | 32                      | 40                         | 18                      | 22,5                       |
| 6  | 46,5                    | 58,2                       | 28                      | 35                         |
| 10   | 82                      | 102,5                      | 46,5                    | 58,2                       |
| 16   | 110                     | 137,5                      | 65                      | 81,3                       |
| 20   | 145                     | 181,3                      | 85                      | 106,3                      |
| 25   | 180                     | 225                        | 110                     | 137,5                      |
| 32   | 270                     | 337,5                      | 150                     | 187,5                      |
| 35   |                         |                            | 165                     | 206,3                      |
| 40   | 315                     | 393,8                      | 190                     | 237,5                      |
| 50   | 470                     | 587,5                      | 250                     | 312,5                      |
| 63   | 550                     | 687,5                      | 320                     | 400                        |
| 80   | 840                     | 1050                       | 425                     | 531,3                      |
| 100  | 1000                    | 1250                       | 580                     | 725                        |
| 125  | 1450                    | 1812,5                     | 715                     | 893,8                      |
| 160  | 1600                    | 2000                       | 950                     | 1187,5                     |
| 200  | 2100                    | 2625                       | 1250                    | 1562,5                     |
| 250  | 2800                    | 3500                       | 1650                    | 2062,5                     |
| 315  | 3700                    | 4625                       | 2200                    | 2750                       |
| 400  | 4800                    | 6000                       | 2840                    | 3550                       |
| 500  | 6400                    | 8000                       | 3800                    | 4750                       |
| 630  | 8500                    | 10 625                     | 5100                    | 6375                       |

Vikavirtapiirin impedanssimittauksia aloitettaessa olisi hyvä suunnitella etukäteen mistä pisteistä mittaus suoritetaan ja merkitään mittapisteet pohjapiirustukseen. Tällä menetelmällä säästetään aikaa, kun toistetaan mittauksia samanlaisissa huoneistoissa. Lisäksi mittauksia suoritettaessa on hyvä huomioida, että eri mittalaitteet suorittavat mittauksia eri tavalla. Esimerkiksi vikavirtasuojalla varustetun pistorasiaryhmän vikavirtapiirin impedanssimittauksia suoritettaessa on havaittu, että osa keskuskomponenteista saattaa olla taajuus riippuvaisia ja tästä johtuen mittaustulokset voivat vaihdella huomattavasti. Kun toiset mittalaitteet käyttävät vikavirtapiirin impedanssin mittaamiseen taajuutta 128 Hz ja toiset 0 Hz. Tästä johtuen mitatusta vikavirtapiirin impedanssi arvosta lasketut oikosulkuvirrat saattavat poiketa huomattavasti toisistaan. Tästä johtuen mittaustuloksia tulisi verrata laskelmilla saatuihin arvoihin, jotta voidaan varmistua automaattisen poiskytkennän toiminnasta.

#### 5.4.5 Vikavirtasuojan toiminnan testaus

Kaikki vikavirtasuojat on testattava. Testaus suoritetaan painamalla vikavirtasuojan testipainiketta. Lisäksi vikavirtasuojan toiminta nimellistoimintavirralla tulee testata EN 61557-6:n mukaisella testilaitteella. Poiskytkentäajan mittausta suositellaan tehtäväksi ainakin, kun käytetään aikaisemmin käytössä olleita vikavirtasuojia. Pois kytkentäajan mittausta suositellaan tehtäväksi myös silloin, ja jos muutetaan tai laajennetaan aikaisemmin käytössä olleita vikavirtasuojalla varustettuja ryhmiä, tai silloin, kun vikavirtasuojaa käytetään vikasuojaukseen tai lisäsuojaukseen. [12, s. 34.]

Yleensä on tarpeellista suorittaa myös vikavirtasuojilla varustettuihin piireihin muita testauksia kuten ramppittesti, jossa nostetaan vikavirtaa asteittain kohti nimellistä toiminta-arvoa. Tällä testauksella varmistetaan vikavirtasuojan oikea toiminta ja se, että vikavirtasuoja ei ole liian toimintaherkkä. Vikavirtasuojien on toimittava  $1/2-1$  -kertaisella virralla toimintavirtaansa nähden. Lisäksi olisi hyvä mitata vikavirtasuojan takaisen nollajohtimen erillään pysyminen muista johtimista, jotta välttyttäisiin vikavirtasuojan tahattomalta laukeamiselta käyttöönotettaessa vikavirtasuojalla suojattuja ryhmiä. [12, s. 34.]

Vikavirtasuojien testaukset tulisi ajoittaa samaan ajankohtaan kuin vikavirtapiirin impedanssin mittaukset ja mahdollisuuksien mukaan samoista mittauspisteistä. Näin tiedetään tarkasti, mistä mittaukset on suoritettu, mikäli ongelmia jatkossa ilmenee.

#### 5.4.6 Napaisuus

Jo asennuksia aloitettaessa tulisi varmistua siitä, että kytkinlaitteiden asentajat ovat tietoisia siitä, ettei yksinapaisia kytkinlaitteita saa asentaa nollajohtimeen. Napaisuuden tarkastamisesta on huolehdittava jo kytkinlaitteita asennettaessa, koska käyttöönoton yhteydessä tarkastaminen on työlästä ja hankalaa tehdä. [12, s. 34.]

#### 5.4.7 Kiertosuunnan tarkistus

Monivaiheisissa asennuksissa on kiertosuunnan pysyminen tarkastettava. Se on tarkastettava myös sellaisista keskuksista, joista ei lähde yhtään monivaiheista ryhmäjohtoa. 3~vaiheisten pistorasioiden kiertosuuntien testaukseen kannattaa käyttää sitä var-

ten suunniteltua testauslaitetta, taas keskuksista helpoin tapa on mitata jännitekoettimella kiertosuunnan säilyminen.[12, s. 34–35.]

Vaikka asennukset suoritetaan käyttäen oikeaa johtimien värijärjestystä, tulee silti kiertosuunnan säilyminen varmistaa.

#### 5.4.8 Toimintatestit

Kaikkien asennettujen laitteiden ja laitekokonaisuuksien toiminnallisuudet on testattava. Näillä testauksilla tarkoitetaan kytkin-, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteiden toimintojen tarkastamista. Testeillä varmistutaan siitä, että laitteet on asennettu oikein sekä vaatimusten mukaisesti. [12, s. 35.]

Jotta testit voidaan suorittaa, on asennuksien oltava valmiit. Testauksien tekemiseen on varattava riittävästi aikaa. Jos käyttöönottovaiheessa esiintyy paljon toimimattomuuksia, herättää se epäilyjä urakoitsijan ammattitaidosta. [12, s. 35.]

#### 5.4.9 Jännitteenalenema

Yleensä jännitteenalenemaa ei erikseen tarkasteta. Jos jännitteenaleneman määrittämistä vaaditaan, voidaan se toteuttaa mittaamalla piirin impedanssi tai käyttämällä tätä tarkoitusta varten tehtyjä käyrästöjä. Lisäksi on mahdollista käyttää jännitteenaleneman määrittämiseen kaavaa 2. Kuitenkaan jännitteenalenema ei saa olla suurempi kuin edellä esitettyssä taulukossa 7 on esitetty. [12, s. 35–36.]

Taulukko 7. Jännitteenalenema kuluttajan laitteistossa. [8, G.52.1]

| Asennuksen tyyppi  | Valaistus % | Muu käyttö % |
|--|-------------|--------------|
| A - Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta  | 3           | 5            |
| B - Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä tehonlähteestä *   | 6           | 8            |
| * Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitteenalenema ei ylitä asennustyyppille A annettuja arvoja.<br>Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100m ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %. Jännitteenalenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvin osin tasoituskertoimia, tai käyttäen piireille suunniteltuja virtoja. |             |              |

$$u = b(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi) I L_B \quad (2)$$

$u$  on jännitteenalenema voltteina

$b$  on kerroin, joka on 1 kolmivaiheisille ja 2 yksivaiheisille piireille

$\rho_1$  on johdinmateriaalin resistiivisyys normaalikäytössä (normaalissa käyttölämpötilassa) so. 1,25 kertaa resistiivisyys 20 °C lämpötilassa, tai 0,0225Ω mm<sup>2</sup>/m kuparille ja 0,036 Ωmm<sup>2</sup>/m alumiinille

$L$  on johtojärjestelmän pituus metreinä

$S$  on johtimen poikkipinta-ala mm<sup>2</sup>:nä

$\cos \varphi$  on tehokerroin. Jos ei ole tiedossa tarkkoja tehokertoimen arvoja, sen oletetaan olevan 0,8 ( $\sin \varphi = 0,6$ )

$\lambda$  on johtimen reaktanssi johtimen pituusyksikköä kohden. Jos ei ole tiedossa tarkkoja arvoja, reaktanssin oletetaan olevan 0,08 mΩ/m

$I_B$  on suunniteltu virta ampeereina

$$\Delta u = 100 \frac{u}{U_0} \quad (3)$$

$\Delta u$  on jännitteenalenema prosentteina

$U_0$  on jännite vaiheen ja nollan välillä voltteina (V). [8, G.52.1]

## 5.5 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Standardi määrittelee entistä tarkemmin, mitä käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan merkitään. Siihen on merkittävä myös sellaisia tietoja, joihin ei suoriteta tarkastuksia tai testauksia. Lähes kaikista uusista asennuksista tai vanhojen asennusten laajennuksista on laadittava käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Vaikka joistain kohteista ei kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä ole asetettu vaatimusta käyttöönottopöytäkirjan tekemiselle, kannattaa urakoitsijan sellainen laatia, vaikkei laitteiston haltija ei sitä erikseen pyydä. Pöytäkirjasta selviää urakoitsijan kohteeseen tekemien asennusten laajuus, jolloin voidaan myöhemmin osoittaa, mitkä asennukset urakoitsija on tehnyt. [12, s. 37.]

Käyttöönottopöytäkirjaa laadittaessa on huomioitava, että käyttöönottotarkastuksissa havaitut puutteet ja viat tulee olla korjattuna ennen kuin voidaan todeta kohteen täyttävän SFS 6000:n vaatimukset. Käyttöönottopöytäkirjassa ei voi ainakaan olla mainintaa sellaisista virheistä ja puutteista, joiden aiheuttajana on sähköasennusten rakentaja. Muutoin sellaisten merkintöjen esiintyminen pöytäkirjassa voi johtaa urakka-ajan ylittymiseen ja viivästyssakkoihin. [12, s. 37.]

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja sisältää:

- tarkastetun laitteiston yksilöintitiedot
- laitteiston rakentajan yhteystiedot
- tulokset tarkastuksista
- toteamus siitä, täyttääkö asennus standardin ja säännösten vaatimukset
- tiedot testatuista piireistä ja testaustulokset seuraavassa laajuudessa
- eristystilan mittaustulokset kiinteät asennukset, kytkinlaitteen takaiset asennukset, lämmityskaapeli- ja -kelmuasennukset, SELV- JA PELV-järjestelmien asennukset, suojaerotetut asennukset, sähköisen erotuksen asennukset
- jatkuvuusmittaukset keskusalueittain (toteamus vaatimusten täyttymisestä)
- syötön automaattisen poiskytkennän toteamiseen tarvittavat mittausten tulokset keskusalueittain
- oikosulkuvirtamittaukset keskusalueittain epäedullisimmista pisteistä

- vikavirtasuojien toiminnan testaus kattavasti, tarvittaessa toiminta-ajat
- kiertosuunnat keskuskohtaisesti
- laitevalmistajien asennusohjeiden mukaiset mittaustulokset sellaisista laitteista, joille valmistaja edellyttää asennusohjeessaan mittauksia. [12, s. 37.]

Lisäksi käyttöönottopöytäkirjassa tulisi olla maininta huolto- ja kunnossapito-ohjelman tarpeellisuudesta sekä seuraavasta määräaikaistarkastuksesta. Lisäksi vaaditaan merkintä EMC-direktiivin täyttämiseksi käytetyistä ratkaisuksista.

Tarkastuksen tekijät allekirjoittavat sekä vahvistettavat pöytäkirjan oikeaksi. Lisäksi asennusten turvallisuudesta, rakentamisesta ja tarkastamisesta vastuussa olevien henkilöiden on luovutettava työn tilaajalle pöytäkirja, joka sisältää heidän toiminta-alueensa. [12, s. 38.]

## 6 Yhteenveto

Opinnäytetyössä käsiteltiin perusteellisesti käyttöönottotarkastusten tekemiseen vaikuttavat lait ja määräykset sekä työtavat, joilla saadaan käyttöönottotarkastukset tehtyä standardin edellyttämällä tasolla. Näin varmistetaan sähkölaitteiston turvallisuus sekä osoitettiin käyttöönottotarkastusten tarpeellisuus. Käyttöönottotarkastuksen merkitys korostuu kohteissa, joille ei säädöksissä ole määrätty määräaikaistarkastusta, jolloin sähkölaitteiston rakennusvaiheessa aiheutuneet viat voivat jäädä huomaamattomiksi vuosiksi.

Opinnäytetyössä kerättiin laaja aineisto, jolla voidaan suunnitella ja toteuttaa käyttöönottotarkastuksien toteutus standardit kattavasti. Lisäksi käyttöönottotarkastusten suunnittelulla voidaan selkeyttää ja nopeuttaa käyttöönottotarkastusten tekemistä kuitenkin sähköturvallisuustasosta tinkimättä.

## Lähteet

- 1 Sähköturvallisuuslaki 14.6./410, Verkkodokumentti,  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960410>. Luettu: 28.5.2016
- 2 Sähköturvallisuusasetus 28.6.1996/498, Verkkodokumentti,  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960498>. Luettu: 5.6.2016
- 3 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 17.12.1999/1193, Verkkodokumentti,  
<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19991193>. Luettu: 5.6.2016
- 4 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 5.7.1996/516, Verkkodokumentti, <http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960516>. Luettu: 11.6.2016
- 5 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517, verkkodokumentti,  
<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960517>. Luettu: 21.6.2016
- 6 SFS 6000 - 6, Pienjännitesähköasennukset 2012, Helsinki: SFS
- 7 SFS 6000 - 4, Pienjännitesähköasennukset 2012, Helsinki: SFS
- 8 SFS 6000 - 5-52, Pienjännitesähköasennukset 2012, Helsinki: SFS
- 9 D1-2012, 2012, Espoo: STUL ry
- 10 Suojajohtimen jatkuvuus, Verkkodokumentti,  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133714588/1134134045570.html>. Luettu: 21.7.2016
- 11 Vikavirtapiirin impedanssin mittaust, Verkkodokumentti,  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133769735/1134134146766.html>. Luettu: 26.7.2016
- 12 ST-käsikirja 33, 2012, Espoo: STUL ry
- 13 Sähköistysalan työehtosopimus, 2015, Tampere
- 14 Rakennusten sähköverkko, Verkkodokumentti,  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1113391235042.html>. Luettu: 12.9.2016



- 15 Sähköverkon rakenne, Verkkodokumentti,  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1113391235042/1113391621636/1113392375891/1113392571071.html>. Luettu: 13.9.2016
- 16 Sulakkeet, Verkkodokumentti,  
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594789763.html>. Luettu: 14.9.2016
- 17 Johdonsuojakatkaisijat, Verkkodokumentti,  
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594818536.html>. Luettu: 15.9.2016
- 18 Sähköasennustesteri, Verkkodokumentti,  
[http://www.elektrolinna.fi/data\\_pdf/amp-telaris-0100p\\_manuaali.pdf](http://www.elektrolinna.fi/data_pdf/amp-telaris-0100p_manuaali.pdf). Luettu: 17.9.2016
- 19 Jännitetesteri, Verkkodokumentti,  
<http://www.fluke.com/fluke/fifi/testerit/testerit/fluke-t100-series.htm?pid=56171>.  
Luettu: 18.9.2016
- 20 Pihtiampeerimittari, Verkkodokumentti,  
<http://www.fluke.com/fluke/fifi/Pihtimittarit/Fluke-323-True-rms-Clamp-Meter.htm?PID=74603>. Luettu: 18.9.2016

## Liite 1

### **Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 17.12.1999/1193**

#### **Olennaisimmat turvallisuusvaatimukset**

1. Ihmiset ja kotieläimet on suojattava vaaroilta, joita voi syntyä kosketettaessa sähkölaitteiston jännitteisiä osia tai jouduttaessa liian lähelle näitä osia.

Suojaus on toteutettava estämällä virran kulku ihmisen tai kotieläimen kautta tai rajoittamalla virran suuruus vaarattoman pieneksi.

Suojausmenetelmänä on tavallisesti käytettävä koskettamiselta suojaavaa eristystä tai kotelointia, jollei virran suuruus ole rajoitettu vaarattoman pieneksi.

Jos eristyksen tai koteloinnin käyttö ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista taikka tarkoituksenmukaista, saa suojausmenetelmänä käyttää jännitteisten rakenteiden sijoittamista riittävän kauas kosketusetäisyyden ulkopuolelle.

Jos eristyksen tai koteloinnin käyttö ei ole mahdollista tutkimus- tai testauslaitteistoissa, saa käyttää myös tahattomalta koskettamiselta suojaavia esteitä tai muuta soveltuvaa suojausmenetelmää edellyttäen, että luotettavasti estetään sivullisten pääsy vaara-alueelle.

2. Ihmiset ja kotieläimet on suojattava vaaroilta, joita voi syntyä sähkölaitteistossa esiintyvän vian aikana kosketettaessa jännitteelle alttiita osia tai oltaessa sähkölaitteiston lähellä.

3. Sähkölaitteiston rakenteen on oltava sellainen, että ei synny korkean lämpötilan tai valokaaren aiheuttamaa sähkölaitteistoon kuulumattoman palavan aineen syttymisvaaraa.

4. Sähkölaitteistot eivät saa aiheuttaa palovammojen vaaraa ihmisille eikä kotieläimille.

5. Jännitteisissä johtimissa mahdollisesti kulkeva ylivirta ei saa aiheuttaa sellaisia korkeita lämpötiloja tai sähkömekaanisia rasituksia, jotka voivat vahingoittaa ihmisiä, kotieläimiä tai omaisuutta.
6. Sähkölaitteistossa esiintyvän vian yhteydessä on normaalitilanteessa jännitteettömien johtimien ja muiden johtavien osien kestävä niiden kautta mahdollisesti kulkeva vikavirta ilman, että niiden lämpötila nousee vaarallisen korkeaksi tai että niistä aiheutuu mekaanista vaaraa.
7. Suojalaitteiden on toimittava sellaisilla virroilla, jännitteillä ja sellaisessa ajassa, jotka takaavat riittävän turvallisuuden.
8. Sähkölaitteiston sähköinen suojajärjestelmä on valittava siten, että se voidaan pitää toimintakuntoisena ja luotettavana koko sähkölaitteiston käyttöiän.
9. Eri jännitteellä syötettyjen virtapiirien jännitteisten osien välinen vika tai sähkölaitteistosta muusta syystä aiheutuva ylijännite ei saa aiheuttaa vaaraa tai vahinkoa ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle.
10. Sähkölaitteiston jännitelujuuden ja eristystason on vastattava käyttöolosuhteissa esiintyviä jännitteitä.
11. Sähkölaitteiston rakenteen on oltava sellainen, että se kestää tarkoitetussa käytössä ja käyttöpaikassa todennäköisesti vaikuttavat ulkoiset rasitukset ja olosuhteet.
12. Sähkölaitteistot on rakennettava kyseiseen käyttöön ja olosuhteisiin tarkoitetuista sähkölaitteista ja muista laitteista sekä tarvikkeista, joiden rakenne täyttää niitä koskevat säädökset. Laitteet ja tarvikkeet on asennettava valmistajan tarkoittamalla tavalla ja siten, että niiden turvallisuus säilyy.
13. Sähköalan ammattitaitoa vailla olevien henkilöiden käyttöön tarkoitettujen laitteistojen rakenteen on oltava sellainen, että nämä henkilöt voivat käyttää laitteistoa ja tehdä heidän tehtäväkseen tarkoitetut toimenpiteet turvallisesti ilman jännitteisten osien kosketusvaaraa ja valokaarivaaraa.

14. Sähkölaitteiston rakenteen ja sijoituksen on oltava sellainen, että sen vaaroja tuntemattomat henkilöt eivät pääse helposti käsiksi jännitteisiin osiin.

15. Sähkөрatalaitteistoon tai muuhun erikoissähkölaitteistoon mahdollisesti liittyvät poikkeukselliset vaaratekijät on otettava huomioon laitteiston rakenteessa tai suojauksessa.

16. Lääkintätilaan, räjähdysvaaralliseen tilaan tai muuhun poikkeuksellisia vaaratekijöitä sisältävään tilaan saa sijoittaa vain sellaisen sähkölaitteiston, jonka rakenteella tai suojauksella on varmistettu laitteiston turvallisuus kyseisessä tilassa.

17. Ilmajohtojen ja muiden sähkönjakeluun liittyvien sähkölaitteistojen rakenteissa on otettava huomioon tavanomaisten sähkölaitteistojen turvallisuutta koskevien vaatimusten lisäksi seuraavat tekijät:

- sääolosuhteista ja muista tekijöistä aiheutuvat lämpörasitukset, mekaaniset rasitukset ja muut vaikutukset;
- jännitteisten rakenteiden etäisyys rakennuksista, puista ja vastaavista;
- ihmisten liikkuminen ja liikenne;
- samoissa pylväissä tai muuten lähellä toisiaan sijaitsevien ilmajohtojen keskinäinen vaikutus;
- ilmajohtojen pylväissä sijaitsevien muiden laitteistojen ja laitteiden vaikutus.

18. Sähkölaitteiston eri osien on oltava keskenään yhteensopivia. Sähkölaitteisto tai sähkölaite ei saa vaarantaa toisen sähköasennuksen tai sähkölaitteen turvallisuutta.

19. Sähkölaitteiston on oltava sellainen, että sen ja ei-sähköisten laitteistojen välillä ei synny vahingollisia vaikutuksia.

20. Sähkölaitteiston on oltava rakenteeltaan niin selväpiirteinen, että sen käytössä ja huollossa ei synny väärinkäsityksistä johtuvia vaaratilanteita.

21. Sähkölaitteisto on varustettava sen käyttöä ja hoitoa varten tarpeellisilla merkinnöillä ja varoituskilvillä.

Suojalaitteet, johdot ja johtimet on ryhmiteltävä selkeästi ja tarvittaessa merkittävä siten, että virtapiirit voidaan tunnistaa.

Sähkölaitteistosta on laadittava sen rakentamista, käyttöä ja hoitoa varten tarvittavat kaaviot ja ohjeet.

22. Sähkölaitteiston rakenteen on oltava sellainen, että kaikki ennakoitavissa olevat sähkölaitteiston tarkastus-, testaus-, huolto- tai korjaustoimenpiteet voidaan tehdä turvallisesti ja tarkoituksenmukaisesti.

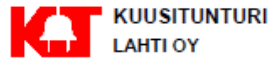
23. Sähkölaitteistossa on oltava riittävästi erotuslaitteita siten, että virtapiirit tai yksittäiset laitteet voidaan erottaa verkosta huoltoa, testausta, vian etsintää tai korjauksia varten.

24. Jos vaaran esiintyessä on tarpeen katkaista sähkön syöttö välittömästi, katkaiseva laite tai sitä ohjaava laite on asennettava siten, että se on helposti havaittavissa ja tehokkaasti sekä nopeasti käytettävissä.

[3].

Liite 2

Tarkastusraportti.



LIITE 1 1(2)  
SÄHKÖASENNUSTEN KÄYTTÖÖNOTTO  
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Työnro \_\_\_\_\_

Käyttöönottotarkastus \_\_\_\_\_  
Käyttöönottotarkastuksen osatarkastus \_\_\_\_\_  
Kunnossapitotarkastus \_\_\_\_\_  
Muuttotarkastus \_\_\_\_\_  
Muu \_\_\_\_\_ Mikä? \_\_\_\_\_

PERUSTIEDOT

Kohde \_\_\_\_\_  
Keskus: \_\_\_\_\_  
Kohteen nimi ja yksilöinti: \_\_\_\_\_  
Postiosoite: \_\_\_\_\_

Sähkölaitteiston rakentaja

Rakentaja: \_\_\_\_\_  
Sähkötöiden johtaja: \_\_\_\_\_  
Postiosoite: \_\_\_\_\_  
Puhelinnumero: \_\_\_\_\_  
Sähköpostiosoite: \_\_\_\_\_

AISTINVARAINEN TARKASTUS

Ovat niitä koskevien turvallisuusvaatimusten mukaisia, ovat SFS 6000 vaatimusten kunnossa \_\_\_\_\_  
ja valmistajan ohjeiden mukaisesti valittuja ja asennettuja eivätkä ole vaaraa aiheutta- huom. \_\_\_\_\_  
valla tavalla näkyvästi esillä.

Sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät, palosuojaukseen kunnossa \_\_\_\_\_  
ja palon leviämisen estämiseksi sekä lämpövaikutuksen suojaamiseksi huom. \_\_\_\_\_  
tehdyt toimenpiteet.

Johtimen valinta kuormitettavuuden ja jännitteenaleneman takia. kunnossa \_\_\_\_\_  
huom. \_\_\_\_\_

Suoja-, käyttö-, valvonta-, erotus- ja kytkentälaitteiden valinta, kunnossa \_\_\_\_\_  
sijoittelu ja asettelu. huom. \_\_\_\_\_

Sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden kunnossa \_\_\_\_\_  
vaikutusten mukaisesti ja johtimien liitosten sopivuus sekä nolla huom. \_\_\_\_\_  
ja suojajohtimien tunnuksat ja merkintä.

Virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus kunnossa \_\_\_\_\_  
sekä piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien merkintöjen olemassaolo. huom. \_\_\_\_\_  
Huomioitu laitteiston käytön ja huollon vaatima tila.

Suojajohtimien olemassaolo kunnossa \_\_\_\_\_  
huom. \_\_\_\_\_

Erikoistilat kunnossa \_\_\_\_\_  
huom. \_\_\_\_\_

Napaisuustesti kunnossa \_\_\_\_\_  
huom. \_\_\_\_\_

**MITTAUKSET**

LIITE 1 2(2)

**1.SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, maadoitus-, pää- ja lisäpotentialintausajohdot)**

Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista \_\_\_\_\_

Suurin resistanssi/ $\Omega$   
Ryhmässä 

|  |
|--|
|  |
|  |

**2.ERISTYSRESISTANSSI**

| Kohde | Ryhmä nro | Re/M $\Omega$ | Huom |
|-------|-----------|---------------|------|
|       |           |               |      |
|       |           |               |      |
|       |           |               |      |
|       |           |               |      |

**3.SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ**

|                    | Ik/A | Zk/ $\Omega$ | Suojalaite | In/A(suojalaitteet) |
|--------------------|------|--------------|------------|---------------------|
| Keskus             |      |              |            |                     |
| Epäedullisin piste |      |              |            |                     |

Oikosulkuvirta-ja impedanssiarvot saatu mittaamalla \_\_\_\_\_

Oikosulkuvirta-ja impedanssiarvot saatu laskemalla \_\_\_\_\_

Vikavirtasuojat

| Tyyppi | Ryhmä nro | t/ms | I $\Delta$ n | Painike |
|--------|-----------|------|--------------|---------|
| LIITE  |           |      |              |         |
|        |           |      |              |         |
|        |           |      |              |         |

**4.KIERTOSUUNNAN TARKASTUS**

Keskus \_\_\_\_\_ 3-vaihepistorasiat \_\_\_\_\_

**5.TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT**

Koneet ja laitteet \_\_\_\_\_ Toiminnalliset kokonaisuudet \_\_\_\_\_

MITTAUSTULOKSET: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

LISÄTIEDOT: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

KÄYTETTY MITTALAITTEET: \_\_\_\_\_

Kohde täyttää standardien mukaiset turvallisuus vaatimukset.

Tarkastuksen tekijä, päiväys ja allekirjoitus.

Tilaaaja tai edustaja, päiväys ja allekirjoitus.